

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 07-176468  
 (43) Date of publication of application : 14.07.1995

(51) Int.Cl. H01L 21/027  
 G03B 27/32  
 G03F 7/20  
 G03F 9/00

(21) Application number : 05-334759 (71) Applicant : NIKON CORP  
 (22) Date of filing : 28.12.1993 (72) Inventor : NISHI TAKECHIKA

## (30) Priority

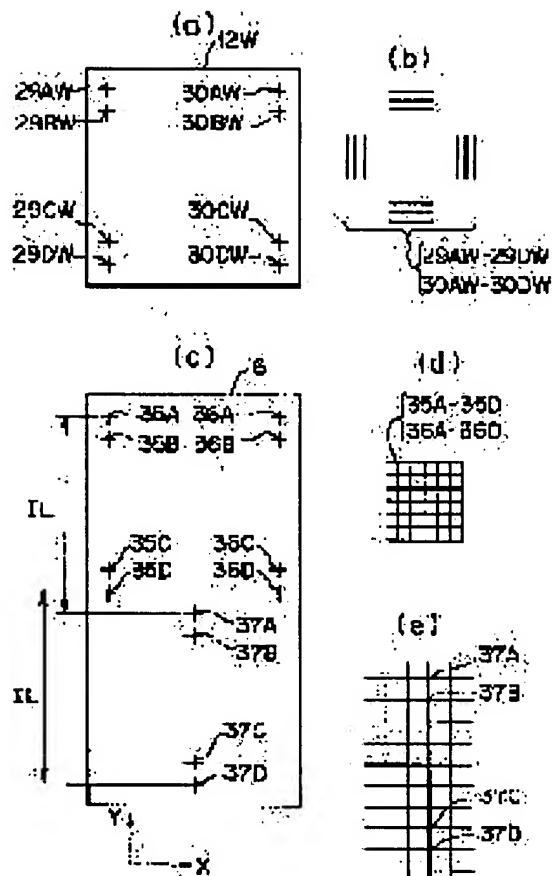
Priority number : 05 38077 Priority date : 26.02.1993 Priority country : JP

## (54) PROJECTING EXPOSURE METHOD

## (57) Abstract:

PURPOSE: To accurately make a reticle coordinate system correspond to a wafer coordinate system by reducing influence of a lithographic error of a reticle when it is exposed by a slit scanning system.

CONSTITUTION: Two rows of alignment mark images 29AW-29DW and 30AW-30DW are projected on a projected image 12W of a reticle in a scanning direction, and two rows of reference marks 35A-35D and 36A-36D are formed as well on a reference mark plate 6 of the wafer stage side in the scanning direction. The reticle and the plate 6 are moved in the scanning direction, an error of the images 29AW, 30AW and the marks 35A, 36A is obtained by a reticle alignment microscope, an error of the other image and the reference mark is similarly obtained, these errors are corrected by a measuring error of a coordinate measuring



system, thereby obtaining a conversion parameter between a reticle coordinate system and a wafer coordinate system.

---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 13.09.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3412704

[Date of registration] 28.03.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-176468

(43)公開日 平成7年(1995)7月14日

(51)Int.Cl.<sup>o</sup>  
H 01 L 21/027  
G 03 B 27/32  
G 03 F 7/20

識別記号  
F  
5 2 1

7352-4M  
7352-4M

F I

H 01 L 21/30  
5 2 5 C  
5 2 0 A

審査請求 未請求 請求項の数 6 OL (全 26 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平5-334759

(22)出願日 平成5年(1993)12月28日

(31)優先権主張番号 特願平5-38077

(32)優先日 平5(1993)2月26日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 西 健爾

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

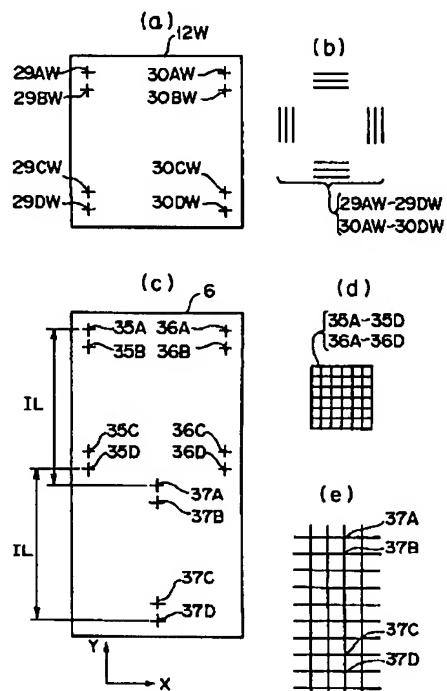
(74)代理人 弁理士 大森 翔

(54)【発明の名称】 投影露光方法

(57)【要約】

【目的】 スリットスキャン方式で露光する際に、レチクルの描画誤差の影響を低減させて、レチクル座標系とウエハ座標系との対応付けを正確に行う。

【構成】 レチクルの投影像12W上に、走査方向に2列のアライメントマーク像29AW~29DW及び30AW~30DWが投影され、ウエハステージ側の基準マーク板6上にも走査方向に2列の基準マーク35A~35D及び36A~36Dが形成されている。レチクル及び基準マーク板6を走査方向に移動して、レチクルアライメント顕微鏡により、マーク像29AW, 30AWと基準マーク35A, 36Aとの誤差を求め、同様に他のマーク像と基準マークとの誤差を求め、それらの誤差に座標計測系の計測誤差の補正を行って、レチクル座標系とウエハ座標系との間の変換パラメータを求める。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 照明光で所定形状の照明領域を照明し、前記所定形状の照明領域内のマスク上のパターン像を投影光学系を介してステージ上の基板に露光し、前記所定形状の照明領域に対して相対的に前記マスク及び前記基板を同期して走査することにより、前記マスク上の前記所定形状の照明領域よりも広い面積のパターン像を前記基板上に露光する方法において、  
前記マスク上に前記相対的な走査の方向に複数の計測用マークを形成し、該複数の計測用マークとほぼ共役な位置に複数の基準マークが形成された基準マーク部材を前記ステージ上に配置し、  
前記マスク及び前記基板を前記相対的な走査の方向に同期して移動させて、前記マスク上の複数の計測用マークの内の1つの計測用マークと前記ステージ上の対応する基準マークとの位置ずれ量を順次計測し、  
前記複数の計測用マークと前記複数の基準マークとのそれぞれの位置ずれ量より、前記マスク上の座標系と前記ステージ上の座標系との対応関係を求ることを特徴とする投影露光方法。

【請求項2】 照明光で所定形状の照明領域を照明し、前記所定形状の照明領域内のマスク上のパターン像を投影光学系を介してステージ上の基板に露光し、前記所定形状の照明領域に対して相対的に前記マスク及び前記基板を同期して走査することにより、前記マスク上の前記所定形状の照明領域よりも広い面積のパターン像を前記基板上に露光する方法において、  
前記投影光学系の近傍に前記基板上の位置決め用のマークの位置を検出するためのオフ・アクシス方式のアライメント系を配置し、前記マスク上に前記相対的な走査の方向に複数の計測用マークを形成し、前記投影光学系の露光フィールド内の基準点と前記オフ・アクシス方式のアライメント系の基準点との間隔に対応する間隔で第1及び第2の基準マークが形成された基準マーク部材を前記ステージ上に配置し、  
前記オフ・アクシス方式のアライメント系で前記基準部材上の前記第2の基準マークを観察した状態で、前記マスクを前記相対的な走査の方向に移動させて、前記マスク上の複数の計測用マークの内の1つの計測用マークと前記ステージ上の前記第1の基準マークとの位置ずれ量を順次計測し、

前記複数の計測用マークと前記第1の基準マークとのそれぞれの位置ずれ量の平均値及び前記オフ・アクシス方式のアライメント系で観察した前記第2の基準マークの位置ずれ量より、前記投影光学系の露光フィールド内の基準点と前記オフ・アクシス方式のアライメント系の基準点との間隔を求ることを特徴とする投影露光方法。

【請求項3】 前記基準マーク部材上に、前記マスク上の複数の計測用マークに対応させて前記第1の基準マークを複数個形成すると共に、該複数の第1の基準マーク

からそれぞれ前記投影光学系の露光フィールド内の基準点と前記オフ・アクシス方式のアライメント系の基準点との間隔に対応する間隔で前記第2の基準マークを複数個形成し、

前記マスク及び前記ステージを前記相対的な走査の方向に同期して移動させて、前記マスク上の複数の計測用マークの内の1つの計測用マークと前記ステージ上の対応する前記第1の基準マークとの位置ずれ量を順次計測すると共に、前記オフ・アクシス方式のアライメント系で複数の前記第2の基準マークの内の対応する基準マークを観察し、

前記複数の計測用マークと前記複数の第1の基準マークとのそれぞれの位置ずれ量の平均値及び前記オフ・アクシス方式のアライメント系で観察した前記複数の第2の基準マークの位置ずれ量の平均値より、前記投影光学系の露光フィールド内の基準点と前記オフ・アクシス方式のアライメント系の基準点との間隔を求ることを特徴とする請求項2記載の投影露光方法。

【請求項4】 照明光で所定形状の照明領域を照明し、前記所定形状の照明領域内のマスク上のパターン像を投影光学系を介してステージ上の基板に露光し、前記所定形状の照明領域に対して相対的に前記マスク及び前記基板を同期して走査することにより、前記マスク上の前記所定形状の照明領域よりも広い面積のパターン像を前記基板上に露光する方法において、  
前記マスク上に前記相対的な走査の方向に複数の計測用マークを形成し、該複数の計測用マークとほぼ共役な位置に複数の基準マークが形成された基準マーク部材を前記ステージ上に配置し、  
前記マスク及び前記基板を前記相対的な走査の方向に同期して移動させて、前記マスク上の複数の計測用マークの内の1つの計測用マークと前記ステージ上の対応する基準マークとの位置ずれ量を順次計測し、前記計測用マークと前記基準マークとのそれぞれの位置ずれ量を求める第1工程と；前記マスク上の複数の計測用マークの内の所定の1つの計測用マークと前記ステージ上の対応する基準マークとの位置ずれ量を1回だけ計測し、前記計測用マークと前記基準マークとの位置ずれ量を求める第2工程と；前記第1工程と前記第2工程とのどちらか一方を選択し、選択された工程で求められた前記計測用マークと前記基準マークとのそれぞれの位置ずれ量に基づいて前記マスク上の座標系と前記ステージ上の座標系との対応関係を求める第3工程と；を有することを特徴とする投影露光方法。

【請求項5】 照明光で所定形状の照明領域を照明し、前記所定形状の照明領域内のマスク上のパターン像を投影光学系を介してステージ上の基板に露光し、前記所定形状の照明領域に対して相対的に前記マスク及び前記基板を同期して走査することにより、前記マスク上の前記所定形状の照明領域よりも広い面積のパターン像を前記

基板上に露光する方法において、前記投影光学系の近傍に前記基板上の位置決め用のマークの位置を検出するためのオフ・アクシス方式のアライメント系を配置し、前記マスク上に前記相対的な走査の方向に複数の計測用マークを形成し、該複数の計測用マークとほぼ共役な位置に複数の基準マークが形成された基準マーク部材を前記ステージ上に配置し、該複数の基準マークは前記投影光学系の基準点と前記オフ・アクシス方式のアライメント系の基準点との間隔に対応する間隔で配置された第1及び第2の基準マークからなり、前記オフ・アクシス方式のアライメント系で前記基準マーク部材上の前記第2の基準マークを観察した状態で、前記マスクを前記相対的な走査の方向に移動させて、前記マスク上の複数の計測用マークの内の1つの計測用マークと前記第1の基準マークとの位置ずれ量を順次計測する第1工程と；前記オフ・アクシス方式のアライメント系で前記基準マーク部材上の前記第2の基準マークを観察した状態で、前記マスク上の複数の計測用マークの内の所定の1つの計測用マークと前記第1の基準マークとの位置ずれ量を計測する第2工程と；前記第1工程と前記第2工程とのどちらか一方を選択する第3工程と；該第3工程で選択された工程での計測結果である、前記計測用マークと前記基準マークとのそれぞれの位置ずれ量、及び前記オフ・アクシス方式のアライメント系で観察した前記第2の基準マークの位置ずれ量より、前記マスク上の座標系と前記ステージ上の座標系との対応関係と、前記投影光学系の露光フィールド内の基準点と前記オフ・アクシス方式のアライメント系の基準点との間隔を求める第4工程と；を有することを特徴とする投影露光方法。

【請求項6】 照明光で所定形状の照明領域を照明し、前記所定形状の照明領域内のマスク上のパターン像を投影光学系を介してステージ上の基板に露光し、前記所定形状の照明領域に対して相対的に前記マスク及び前記基板を同期して走査することにより、前記マスク上の前記所定形状の照明領域よりも広い面積のパターン像を前記基板上に露光する方法において、

前記投影光学系の近傍に前記基板上の位置決め用のマークの位置を検出するためのオフ・アクシス方式のアライメント系を配置し、前記マスク上に前記相対的な走査の方向に複数の計測用マークを形成し、該複数の計測用マークとほぼ共役な位置に複数の基準マークが形成された基準マーク部材を前記ステージ上に配置し、該複数の基準マークは前記投影光学系の基準点と前記オフ・アクシス方式のアライメント系の基準点との間隔に対応する間隔で配置された第1及び第2の基準マークからなり、前記基板を所定枚数交換する毎に、前記オフ・アクシス方式のアライメント系で前記基準マ

ーク部材上の前記第2の基準マークを観察した状態で、前記マスク上の複数の計測用マークの内の所定の1つの計測用マークと対応する前記第1の基準マークとの位置ずれ量を計測し、該計測された位置ずれ量、及び前記オフ・アクシス方式のアライメント系で観察した前記第2の基準マークの位置ずれ量より、前記マスク上の座標系と前記ステージ上の座標系との対応関係と、前記投影光学系の露光フィールド内の基準点と前記オフ・アクシス方式のアライメント系の基準点との間隔を求ることを特徴とする投影露光方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、例えばスリットスキャン露光方式の投影露光装置に適用して好適な投影露光方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体素子、液晶表示素子又は薄膜磁気ヘッド等をフォトリソグラフィ工程で製造する際に、フォトマスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）のパターンを感光材が塗布された基板（ウエハ、ガラスプレート等）上に転写する投影露光装置が使用されている。従来の投影露光装置としては、ウエハの各ショット領域を順次投影光学系の露光フィールド内に移動させて、各ショット領域に順次レチクルのパターン像を露光するというステップ・アンド・リピート方式の縮小投影型露光装置（ステッパー）が多く使用されていた。

【0003】図18は従来のステッパーの要部を示し、この図18において、ウエハステージ4の上にウエハ5が載置され、このウエハ5の近傍のウエハステージ4上に基準マーク板57が固定されている。そして、図示省略された照明光学系からの露光光のもとで、レチクル12上のパターンの像が投影光学系8を介してウエハ5上の各ショット領域に投影露光される。この際、ウエハステージ4はウエハ座標系に沿って駆動されるので、レチクル12のウエハ座標系上の位置及びレチクル12のウエハ座標系に対する回転角を計測しておく必要がある。そのために、レチクル12のパターン領域の近傍には対向するように2個のアライメントマーク（レチクルマーク）60R及び61Rが形成され、基準マーク板57上には、それらレチクルマーク60R及び61Rのウエハ5上での設計上の間隔と等しい間隔で2個の基準マーク60F及び61Fが形成されている。

【0004】また、レチクル12のレチクルマーク60R及び61Rの上にはそれぞれレチクルアライメント顕微鏡58及び59が配置されている。レチクルアライメント顕微鏡58及び59はそれぞれ、露光光と同じ波長のアライメント光を射出する照明光源と、レチクル12上のレチクルマークとウエハ5上のアライメントマーク（ウエハマーク）又は基準マーク板57上の基準マークと同時に観察できるセンサーとを備えている。図18

のステッパーでウエハ5への露光を行う際には、順次ウエハステージ4のみをステップ・アンド・リピート方式で移動することによって、ウエハ5の各ショット領域にレチクル12上のパターンの像がそれぞれ露光される。

【0005】斯かるステッパーにおいて、前工程で形成されたウエハ5上の回路パターンの上に更にレチクル12のパターン像を露光するような場合には、ウエハ5上の各ショット領域の座標を規定するウエハ座標系と、レチクル12上のパターンの座標を規定するレチクル座標系との対応を取る（即ちアライメントを行う）必要がある。ステッパーの場合には、投影光学系8の露光フィールドとウエハ5上の1ショット領域の大きさが等しく、露光する際にレチクル12を駆動する必要がないため、ウエハ座標系とレチクル座標系の対応を以下のようにして取っていた。

【0006】即ち、ウエハステージ4を駆動して基準マーク板57を投影光学系8の露光フィールド内に移動させた後、一方のレチクルアライメント顕微鏡58によってレチクルマーク60Rと基準マーク60Fとの位置ずれ量を検出し、他方のレチクルアライメント顕微鏡59によってレチクルマーク61Rと基準マーク61Fとの位置ずれ量を検出して、それら位置ずれ量からウエハ座標系上でのレチクル12のパターンの位置を求めていた。更に、基準マーク60Fを基準マーク61Fの位置に移動して、レチクルアライメント顕微鏡59によってレチクルマーク61Rと基準マーク60Fとの位置ずれ量を検出することによって、ウエハ座標系上でのレチクル12の回転角を計測していた。そして、レチクル12又はウエハステージ4を回転させてその回転角を補正することによって、最終的にウエハ座標系とレチクル座標系との対応付けを行っていた。

【0007】また、図18においては、ウエハ5上の各ショット領域に対応して形成された各アライメントマーク（ウエハマーク）の位置を検出するために、投影光学系8の側面部にオフ・アクシス方式のアライメント顕微鏡34が設けられている。この場合、このアライメント顕微鏡34で検出されたウエハマークの位置に基づいて、対応するウエハ5上のショット領域が投影光学系8の露光フィールド内に設定される。従って、予め投影光学系8の露光フィールド内の基準点（例えば露光中心）と、オフ・アクシス方式のアライメント顕微鏡34の観察領域の基準点62との間隔である所謂ベースライン量を求めておく必要がある。

【0008】従来のステッパーにおいて、そのようなベースライン量を計測する際には、レチクルマーク60R、61Rと基準マーク60F、61Fの共役像との位置ずれ量を計測した後に、例えればベースライン量の設計値に等しい量だけウエハステージ4を移動させて、アライメント顕微鏡34によりその基準点62と基準マーク板57上の対応する基準マークとの位置ずれ量を計測し

ていた。それらの位置ずれ量からベースライン量が求められていた。

#### 【0009】

【発明が解決しようとする課題】近年、半導体素子等においてはパターンが微細化しているため、投影光学系の解像力を高めることが求められている。解像力を高めるための手法には、露光光の波長の短波長化、又は投影光学系の開口数の増大等の手法があるが、何れの手法を用いる場合でも、従来例と同じ程度の露光フィールドを確保しようとすると、露光フィールドの全面で結像性能（ディストーション、像面弯曲等）を所定の精度に維持することが困難になってきている。そこで現在見直されているのが、所謂スリットスキャン露光方式の投影露光装置である。

【0010】このスリットスキャン露光方式の投影露光装置では、矩形状又は円弧状等の照明領域（以下、「スリット状の照明領域」という）に対してレチクル及びウエハを相対的に同期して走査しながら、そのレチクルのパターンがウエハ上に露光される。従って、ステッパー方式と同じ面積のパターンをウエハ上に露光するすれば、スリットスキャン露光方式では、ステッパー方式に比べて投影光学系の露光フィールドを小さくすることができ、露光フィールド内の結像性能の精度が向上する可能性がある。

【0011】また、従来のレチクルの大きさの主流は6インチサイズであり、投影光学系の投影倍率の主流は1/5倍であったが、半導体素子等の回路パターンの大面積化により、倍率1/5倍のもとでのレチクルの大きさは6インチサイズでは間に合わなくなっている。そのため、投影光学系の投影倍率を例えば1/4倍に変更した投影露光装置を設計する必要がある。そして、このような被写体パターンの大面積化に応えるためにも、スリットスキャン露光方式が有利である。

【0012】斯かるスリットスキャン露光方式の投影露光装置において、従来のステッパーで用いられていたレチクル座標系とウエハ座標系との対応付けの手法を適用すると、投影倍率が1/4倍になったことから、レチクル上の回路パターンの描画誤差によってアライメント精度が劣化するという不都合がある。更に、特願平3-169781号では、ステッパーにおいてウエハステージを移動させることなく、複数の計測用マークの位置ずれ量を同時に計測することにより、レチクルの回転角を計測する技術が提案されている。しかしながら、この複数の計測用マークの同時計測による回転角の計測という概念は、スリットスキャン露光方式の投影露光装置の走査方向には利用できず、レチクル座標系とウエハ座標系との回転角及びそれら座標系の座標直交度が精度よく計測できないという不都合があった。

【0013】また、投影光学系の露光フィールド内の基準位置と、オフ・アクシス方式のアライメント系の基準

位置との間隔であるベースライン量の計測方法に関して、従来のステッパーにおけるレチクル上の1箇所(2個の)のマークを用いる計測方法をそのままスリットスキャン露光方式の投影露光装置に適用したのでは、レチクルの描画誤差の影響を大きく受けるという不都合がある。

【0014】本発明は斯かる点に鑑み、スリットスキャン露光方式の投影露光装置において、レチクル(マスク)上のパターンの描画誤差の影響を低減させて、レチクル座標系(マスク座標系)とウエハ座標系(基板座標系)との対応付けを正確に行える投影露光方法を提供することを目的とする。これに関して、工程によってはその対応付けの正確さよりも迅速性が重視される場合がある。そこで、本発明はレチクル座標系(マスク座標系)とウエハ座標系(基板座標系)との対応付けを高いスループットで行う投影露光方法を提供することを目的とする。

【0015】更に、本発明は、スリットスキャン露光方式の投影露光装置において、レチクル(マスク)上のパターンの描画誤差の影響を低減させて、投影光学系の露光フィールドの基準点と、オフ・アクシス方式のアライメント系の基準点との間隔であるベースライン量の計測を高精度に行える投影露光方法を提供することをも目的とする。

【0016】また、例えばベースライン計測を所定枚数のウエハを交換する毎に行うような場合には、正確さよりも迅速性が重視されることがあると共に、同時にレチクル座標系(マスク座標系)とウエハ座標系(基板座標系)との対応付けを行うことが望ましい。そこで、本発明はベースライン量の計測を所定のウエハ交換回数毎に行う際、レチクル座標系(マスク座標系)とウエハ座標系(基板座標系)との対応付け、及びそのベースライン計測を高いスループットで行う投影露光方法を提供することを目的とする。

#### 【0017】

【課題を解決するための手段】本発明による第1の投影露光方法は、照明光で所定形状の照明領域を照明し、前記所定形状の照明領域内のマスク(12)上のパターン像を投影光学系(8)を介してステージ(4)上の基板(5)に露光し、その所定形状の照明領域に対して相対的にマスク(12)及び基板(5)を同期して走査することにより、マスク(12)上のその所定形状の照明領域よりも広い面積のパターン像を基板(5)上に露光する方法において、マスク(12)上にその相対的な走査の方向に複数の計測用マーク(29A～29D)を形成し、これら複数の計測用マークとほぼ共役な位置に複数の基準マーク(35A～35D)が形成された基準マーク部材(6)をステージ(4)上に配置し、マスク(12)及び基板(5)をその相対的な走査の方向に同期して移動させて、マスク(12)上の複数の計測用マーク

の内の1つの計測用マーク(29A, 29B, ...)とステージ(4)上の対応する基準マーク(35A, 35B, ...)との位置ずれ量を順次計測し、それら複数の計測用マークとそれら複数の基準マークとのそれぞれの位置ずれ量より、マスク(12)上の座標系とステージ(4)上の座標系との対応関係を求めるものである。

【0018】また、本発明による第2の投影露光方法は、上述の発明と同じ前提部において、投影光学系

(8)の近傍に基板(5)上の位置決め用のマークの位置を検出するためのオフ・アクシス方式のアライメント系(34)を配置し、マスク(12)上にその相対的な走査の方向に複数の計測用マーク(29A～29D)を形成し、投影光学系(8)の露光フィールド内の基準点とオフ・アクシス方式のアライメント系(34)の基準点との間隔に対応する間隔で第1の基準マーク(35A)及び第2の基準マーク(37A)が形成された基準マーク部材(6)をステージ(4)上に配置する。

【0019】そして、オフ・アクシス方式のアライメント系(34)で基準部材(6)上の第2の基準マーク

(37A)を観察した状態で、マスク(12)を前記相対的な走査の方向に移動させて、マスク(12)上の複数の計測用マークの内の1つの計測用マーク(29A, 29B, ...)とステージ(4)上の第1の基準マーク(35A)との位置ずれ量を順次計測し、それら複数の計測用マークとそれら第1の基準マークとのそれぞれの位置ずれ量の平均値及びオフ・アクシス方式のアライメント系(34)で観察したその第2の基準マークの位置ずれ量より、投影光学系(8)の露光フィールド内の基準点とオフ・アクシス方式のアライメント系(34)の基準点との間隔を求めるものである。

【0020】また、本発明の第3の投影露光方法は、その第2の投影露光方法において、基準マーク部材(6)上に、マスク(12)上の複数の計測用マーク(29A～29D)に対応させてその第1の基準マークを複数個(35A～35D)形成すると共に、これら複数の第1の基準マーク(35A～35D)からそれぞれ投影光学系(8)の露光フィールド内の基準点とオフ・アクシス方式のアライメント系(34)の基準点との間隔に対応する間隔でその第2の基準マークを複数個(37A～37D)形成し、マスク(12)及びステージ(4)をその相対的な走査の方向に同期して移動させて、マスク

(12)上の複数の計測用マークの内の1つの計測用マーク(29A, 29B, ...)とステージ(4)上の対応する第1の基準マーク(35A, 35B, ...)との位置ずれ量を順次計測すると共に、オフ・アクシス方式のアライメント系(34)で複数の第2の基準マークの内の対応する基準マーク(37A, 37B, ...)を観察し、それら複数の計測用マークとそれら複数の第1の基準マークとのそれぞれの位置ずれ量の平均値及びオフ・アクシス方式のアライメント系(34)で観察したそ

これら複数の第2の基準マークの位置ずれ量の平均値より、投影光学系(8)の露光フィールド内の基準点とオフ・アクシス方式のアライメント系(34)の基準点との間隔を求めるものである。

【0021】次に、本発明の第4の投影露光方法は、上述の発明と同じ前提部において、上述の第1の投影露光方法と同様に、マスク(12)上の複数の計測用マーク(29A, 29B, ...)と対応する基準マーク(35A, 35B, ...)とのそれぞれの位置ずれ量を求める第1工程と；そのマスク上の複数の計測用マークの内の所定の1つの計測用マーク(29A)とそのステージ上の対応する基準マーク(35A)との位置ずれ量を1回だけ計測し、計測用マーク(29A)と基準マーク(35A)との位置ずれ量を簡易的に求める第2工程と；その第1工程とその第2工程とのどちらか一方を選択し、この選択された工程で求められたその計測用マークとその基準マークとのそれぞれの位置ずれ量に基づいてマスク(12)上の座標系とステージ(4)上の座標系との対応関係を求める第3工程と；を有するものである。

【0022】また、本発明の第5の投影露光方法は、上述の発明と同じ前提部において、上述の第2の投影露光方法と同様に、オフ・アクシス方式のアライメント系で基準マーク部材(6)上の第2の基準マーク(37A, 37B, ...)を観察した状態で、マスク(12)をその相対的な走査の方向に移動させて、マスク(12)上の複数の計測用マーク(29A, 29B, ...)の内の1つの計測用マークと第1の基準マーク(35A, 35B, ...)との位置ずれ量を順次計測する第1工程と；オフ・アクシス方式のアライメント系で基準マーク部材(6)上の第2の基準マーク(37A)を観察した状態で、マスク(12)上の複数の計測用マークの内の所定の1つの計測用マーク(29A)と第1の基準マーク(35A)との位置ずれ量を簡易的に計測する第2工程と；それら第1工程と第2工程とのどちらか一方を選択する第3工程と；この第3工程で選択された工程での計測結果である、その計測用マークとその基準マークとの位置ずれ量、及びそのオフ・アクシス方式のアライメント系で観察した第2の基準マークの位置ずれ量より、そのマスク上の座標系とそのステージ上の座標系との対応関係と、その投影光学系の露光フィールド内の基準点とそのオフ・アクシス方式のアライメント系の基準点との間隔(ベースライン量)を求める第4工程と；を有するものである。

【0023】また、本発明の第6の投影露光方法は、上述の発明と同じ前提部において、投影光学系(8)の近傍に基板(5)上の位置決め用のマークの位置を検出するためのオフ・アクシス方式のアライメント系(34)を配置し、マスク(12)上にその相対的な走査の方向に複数の計測用マーク(29A, 29B, ...)を形成し、これら複数の計測用マークとほぼ共役な位置に複数

の基準マークが形成された基準マーク部材(6)をステージ(4)上に配置し、これら複数の基準マークはその投影光学系の基準点とそのオフ・アクシス方式のアライメント系の基準点との間隔に対応する間隔で形成された第1(35A, 35B, ...)及び第2(37A, 37B, ...)の基準マークからなり、基板(5)を所定枚数交換する毎に、そのオフ・アクシス方式のアライメント系で基準マーク部材(6)上の第2の基準マーク(37A)を観察した状態で、マスク(12)上の複数の計測用マークの内の所定の1つの計測用マーク(29A)と対応する第1の基準マーク(35A)との位置ずれ量を計測し、このように計測された位置ずれ量、及びそのオフ・アクシス方式のアライメント系で観察した第2の基準マーク(37A)の位置ずれ量より、そのマスク上の座標系とそのステージ上の座標系との対応関係と、その投影光学系の露光フィールド内の基準点とそのオフ・アクシス方式のアライメント系の基準点との間隔(ベースライン量)を求めるものである。

## 【0024】

【作用】斯かる本発明の第1の投影露光方法に於いては、マスク(12)上に複数の計測用マークを配置し、それらの計測用マークとほぼ共役な基準マークを基準マーク部材(6)上に配置し、マスク(12)及びステージ(4)をステッピング方式で送りながら、それぞれのマークの位置ずれが計測される。そして、最終的に、例えば各位置で求められた位置ずれに合わせて、最小自乗近似等によって、マスク座標系と基板座標系とを対応付けるパラメータ(倍率、走査方向のスケーリング、回転、走査方向の平行度、X方向及びY方向のオフセット)を求ることにより、マスク(12)上の計測用マークの描画誤差の影響を小さく抑えることができる。また、相対的な走査の方向のマーク計測は順次別々に行われる所以非同時計測となるが、複数箇所で計測する為、平均化効果があり、高精度計測が可能となる。

【0025】また、第2の投影露光方法によれば、マスク(12)側の複数の計測用マークに関する計測結果を平均化することにより、マスク(12)の計測用マークの描画誤差の影響を小さくして、投影光学系(8)の基準点とアライメント系(34)の基準点との間隔であるベースライン量を正確に計測できる。また、第3の投影露光方法によれば、基準マーク部材(6)上に、マスク(12)上の複数の計測用マーク(29A～29D)に対応させてその第1の基準マークを複数個(35A～35D)形成すると共に、これら複数の第1の基準マーク(35A～35D)からそれぞれ投影光学系(8)の露光フィールド内の基準点とオフ・アクシス方式のアライメント系(34)の基準点との間隔に対応する間隔でその第2の基準マークを複数個(37A～37D)形成しているため、基準マーク側でも平均化が行われるので、より正確にベースライン量が計測される。

【0026】次に、本発明の第4の投影露光方法によれば、高いスループットを要求される場合には、第2工程を選択して計測用マーク(29A)と基準マーク(35A)との位置ずれ量を1回だけ計測し、高精度が要求される場合には第1工程を実行することにより、迅速性に対する要求をも満たすことができる。この場合、第1工程において、更に予め計測用マーク(29A)の本来の位置からの位置ずれ量(これを「マーク誤差」と呼ぶ)を求めて記憶しておく、第2工程を実行した場合にはそのマーク誤差の補正を行うことにより、高いスループットと高精度との両方の要求に応えることができる。

【0027】同様に、第5の投影露光方法によれば、高いスループットを要求される場合には、第2工程を選択してアライメント系(34)で第2の基準マーク(37A)を観察した状態で、1つの計測用マーク(29A)と第1の基準マーク(35A)との位置ずれ量を1回だけ計測し、高精度が要求される場合には第1工程を実行することにより、迅速性に対する要求をも満たすことができる。この場合、第1工程において、更に予めマーク誤差を求めて記憶しておく、第2工程を実行した場合にはそのマーク誤差の補正を行うことにより、高いスループットと高精度との両方の要求に応えることができる。

【0028】また、第6の投影露光方法によれば、基板(5)を所定枚数交換する毎に、即ち所定枚数の基板(5)に露光する毎に、オフ・アクシス方式のアライメント系(34)で第2の基準マーク(37A)を観察した状態で、1つの計測用マーク(29A)と第1の基準マーク(35A)との位置ずれ量を1回だけ計測し、この計測結果よりマスク上の座標系とステージ上の座標系との対応関係と、ベースライン量とを求める。従って、高いスループットで計測が行われる。

#### 【0029】

【実施例】以下、本発明による投影露光方法の第1実施例につき図面を参照して説明する。本実施例は、スリットスキャン露光方式の投影露光装置でレチクルのパターンをウエハ上に露光する場合に、本発明を適用したものである。図1は本実施例の投影露光装置を示し、この図1において、図示省略された照明光学系からの露光光ELによる矩形の照明領域(以下、「スリット状の照明領域」という)によりレチクル12上のパターンが照明され、そのパターンの像が投影光学系8を介してウエハ5上に投影露光される。この際に、露光光ELのスリット状の照明領域に対して、レチクル12が図1の紙面に対して前方向に一定速度Vで走査されるのに同期して、ウエハ5は図1の紙面に対して後方向に一定速度V/M(1/Mは投影光学系8の縮小倍率)で走査される。

【0030】レチクル12及びウエハ5の駆動系について説明するに、レチクル支持台9上にY軸方向(図1の紙面に垂直な方向)に駆動自在なレチクルY駆動ステージ10が載置され、このレチクルY駆動ステージ10上

にレチクル微小駆動ステージ11が載置され、レチクル微小駆動ステージ11上にレチクル12が真空チャック等により保持されている。レチクル微小駆動ステージ11は、投影光学系8の光軸に垂直な面内で図1の紙面に平行なX方向、Y方向及び回転方向(θ方向)にそれぞれ微小量だけ且つ高精度にレチクル12の位置制御を行う。レチクル微小駆動ステージ11上には移動鏡21が配置され、レチクル支持台9上に配置された干渉計14によって、常時レチクル微小駆動ステージ11のX方向、Y方向及びθ方向の位置がモニターされている。干渉計14により得られた位置情報S1が主制御系22Aに供給されている。

【0031】一方、ウエハ支持台1上には、Y軸方向に駆動自在なウエハY軸駆動ステージ2が載置され、その上にX軸方向に駆動自在なウエハX軸駆動ステージ3が載置され、その上にZθ軸駆動ステージ4が設けられ、このZθ軸駆動ステージ4上にウエハ5が真空吸着によって保持されている。Zθ軸駆動ステージ4上にも移動鏡7が固定され、外部に配置された干渉計13により、Zθ軸駆動ステージ4のX方向、Y方向及びθ方向の位置がモニターされ、干渉計13により得られた位置情報も主制御系22Aに供給されている。主制御系22Aは、ウエハ駆動装置22B等を介してウエハY軸駆動ステージ2、ウエハX軸駆動ステージ3、Zθ軸駆動ステージ4の位置決め動作を制御すると共に、装置全体の動作を制御する。

【0032】また、後述するが、ウエハ側の干渉計13によって計測される座標により規定されるウエハ座標系と、レチクル側の干渉計14によって計測される座標により規定されるレチクル座標系の対応をとるために、Zθ軸駆動ステージ4上のウエハ5の近傍に基準マーク板6が固定されている。この基準マーク板6上には後述のように各種基準マークが形成されている。これらの基準マークの中にはZθ軸駆動ステージ4側に導かれた照明光により裏側から照明されている基準マーク、即ち発光性の基準マークがある。

【0033】本例のレチクル12の上方には、基準マーク板6上の基準マークとレチクル12上のマークとを同時に観察するためのレチクルアライメント顕微鏡19及び20が装備されている。この場合、レチクル12からの検出光をそれぞれレチクルアライメント顕微鏡19及び20に導くための偏向ミラー15及び16が移動自在に配置され、露光シーケンスが開始されると、主制御系22Aからの指令のもとで、ミラー駆動装置17及び18によりそれぞれ偏向ミラー15及び16は退避される。更に、投影光学系8のY方向の側面部に、ウエハ5上のアライメントマーク(ウエハマーク)を観察するためのオフ・アクシス方式のアライメント装置34が配置されている。

【0034】また、主制御系22Aには、オペレータか

らのコマンドを入力するためのキーボード22Cが接続されている。本実施例の投影露光装置には、高精度に計測を行うモードの他に、後述のように簡易的にベースライン盤等の計測を行うためのクイックモードがあり、オペレータはキーボード22Cを介して主制御系22Aに、これから実行するモードが、高精度モードかクイックモードかを指示する。

【0035】次に、本例の投影露光装置において、ウェハ5及びレチクル12をロードしてからアライメントを終了するまでのシーケンスにつき図2のフローチャートを参照して説明する。先ず図2のステップ101において、レチクルローダー(後述)上にて外形基準でレチクル12のプリアライメントを行う。図3は、図1のレチクル微小駆動ステージ11上にレチクル12を搬送する為のレチクルローダ系を示し、この図3のレチクルローダーは、2個のレチクルアーム23A及び23Bと、これらレチクルアーム23A、23Bに連結されたアーム回転軸25と、このアーム回転軸25を回転させる回転機構26により構成されている。レチクルアーム23A及び23Bのレチクル載置面にはそれぞれ真空吸着用の溝24A及び24Bが形成されており、レチクルアーム23A及び23Bはアーム回転軸25を介してそれぞれ独立に回転できるように支持されている。

【0036】レチクル12のロード時には、位置A3で他のレチクル搬送機構(不図示)よりレチクル12がレチクルアーム23A上に受け渡される。この際に他方のレチクルアーム23Bは、例えば前工程で使用されたレチクルの搬出に使用されている。次に位置A3の近傍に設置されたレチクル外形プリアライメント機構(不図示)によって、レチクルアーム23A上でレチクル12が外形基準で一定の精度にアライメントされた後、レチクル12はレチクルアーム23A上に真空吸着される。次に、図2のステップ102において、回転機構26がアーム回転軸25を介してレチクルアーム23Aを回転させて、Y方向(図1のレチクル駆動ステージ10の待機位置(受け渡し位置))の位置B3までレチクル12を移動する。

【0037】このとき、真空吸着用の溝24Aは、レチクル微小駆動ステージ11上の吸着位置と直交した方向で、且つレチクル12のパターン領域外の位置にあるので、レチクル微小駆動ステージ11が走査方向であるy方向の最先端に移動した状態で、レチクルアーム23Aはレチクル微小駆動ステージ11上にレチクル12を自由に出し入れできるようになっている。レチクル微小駆動ステージ11(図1参照)上にレチクル12が達すると、アーム回転軸25は-Z方向に下がり、レチクル微小駆動ステージ11上の真空吸着面にレチクル12が載置され、レチクル12の受け渡し完了後にレチクルアーム23Aが退避する。その後、レチクル微小駆動ステージ11が位置C3の方向にレチクル12を搬送して行

く。この際に、レチクルアーム23Aと23Bとは独立に駆動され、例えばそれがレチクルロードとレチクルアンロードとを同時にすることで、レチクル交換速度が向上している。

【0038】次に図2のステップ103以下でレチクル12のアライメントを行うが、そのための機構及び動作につき説明する。図4(a)はレチクル12上のアライメントマーク(レチクルマーク)の配置を示し、図4(b)はレチクル上で投影光学系の有効露光フィールドと共に役な領域33R内での、スリット状の照明領域32等を示す。走査方向をy方向として、y方向に垂直な方向をx方向とする。図4(a)において、レチクル12上の中央部のパターン領域の周囲には遮光部31が形成され、この遮光部31の外側に形成されているレチクルマークは、ラフサーチ用アライメントマーク27及び28と、ファインアライメントマーク29A~29D及び30A~30Dとに分けられる。右辺側のラフサーチ用アライメントマーク27は、走査方向であるy方向に沿って長い直線状パターンと、この直線状パターンの両端部に形成された十字パターンとより形成され、左辺側のラフサーチ用アライメントマーク28は、右辺側のラフサーチ用アライメントマーク27と対称的に構成されている。

【0039】また、右辺側の遮光部31とラフサーチ用アライメントマーク27の一方の十字パターンとの間に、y方向に近接してファインアライメントマーク29A、29Bが形成され、右辺側の遮光部31とラフサーチ用アライメントマーク27の他方の十字パターンとの間に、y方向に近接してファインアライメントマーク29C、29Dが形成されている。これらファインアライメントマーク29A~29Dと対称的に左辺側にファインアライメントマーク30A~30Dが形成されており、これらファインアライメントマーク29A~29D及び30A~30Dは、図4(a)では単に十字状マークとして示してあるが実際にはそれぞれ図4(c)に示すように、3本の直線状パターンをx方向に所定間隔で2組配列すると共に、3本の直線状パターンをy方向に所定間隔で2組配列したものである。

【0040】先ず図2のステップ103において、図4(a)の左辺側のラフサーチ用アライメントマーク28を図1のレチクルアライメント顕微鏡(以下、「RA顕微鏡」という)20で検出す。図4(b)は、この場合のRA顕微鏡19及び20のレチクル12上での観察領域19R及び20Rを示し、ラフサーチを行う際には、ラフサーチ用アライメントマーク27及び28は、それぞれ観察領域19R及び20Rよりも外側であり、且つ有効露光フィールドと共に役な領域33Rよりも外側にある。これは、ラフサーチの為にラフサーチ用アライメントマーク27、28は大きくしておく必要があるが、それに合わせて投影光学系の露光フィールドを大き

くすると、投影レンズ径を大きくする必要がありコストアップになる為である。そこで本例でラフサーチを行う際の手順につき図5を参照して説明する。

【0041】図5(a)は、ラフサーチ用アライメントマーク28の一方の十字パターン近傍の拡大図、図5(b)は図5(a)を縮小した図であり、この図5(a)及び(b)において、RA顕微鏡20の正方形の有効視野 $20R_{ef}$ の幅をWとして、レチクル12の外形に対するパターンの描画誤差と設置誤差との和の設計値を $\Delta R$ とする。従って、図5(b)に示すように、幅 $\Delta R$ の正方形の領域内にラフサーチ用アライメントマーク28の一方の十字パターン28aが必ず含まれている。検出対象はその十字パターン28aのx座標及びy座標であるが、本例ではそのアライメントマーク28の2軸に対して $45^\circ$ で交差する方向に、即ちx軸及びy軸に斜めにその幅Wの有効視野 $20R_{ef}$ を走査する。そして、その斜め走査の際にアライメントマーク28を横切ったときのx座標及びy座標として、その十字パターン28aのx座標及びy座標を求める。

【0042】そのためには、正の実数aの整数部をINT(a)で表すものとして、その幅 $\Delta R$ の正方形の領域をその幅Wの有効視野 $20R_{ef}$ で走査する最低の回数であるサーチ画面数は、 $\{INT(\Delta R/W) + 1\}$ となる。このサーチ画面数は予め求めておく。そして、最初の有効視野B5を中心としたその幅 $\Delta R$ の正方形の領域に、斜めにそれぞれ幅Wの $\{INT(\Delta R/W) + 1\}$ 個の有効視野A5, B5, C5, ……を設定し、図1のレチクル微小駆動ステージ11を駆動して、各有効視野をステッピングして順次図5(a)の有効視野 $20R_{ef}$ 内に設定しながら、各有効視野内の画像をサンプリングする。

【0043】図5(b)に示すように、少なくとも幅 $\Delta R \times \Delta R$ のサーチ範囲中にサーチ対象のアライメントマーク28の十字パターン28aは存在し、サーチ範囲に対して十分にアライメントマーク28が大きい。従って、このアライメントマーク28に対して斜め方向に有効視野をステップ送りすれば、最小の画面数で、アライメントマーク28の十字パターン28aの座標を検出できることが分かる。そのときの画像処理は、撮像された画面内の全ラインの走査線を加算して得られる画像信号に対する一次元画像処理でよい。

【0044】図6は、そのように全ラインの走査線を加算して得られた種々の画像信号を示し、図6(a)及び(d)は図5(b)の有効視野A5で得られるx方向及びy方向に沿う画像信号、図6(b)及び(e)は図5(b)の有効視野B5で得られるx方向及びy方向に沿う画像信号、図6(c)及び(f)は図5(b)の有効視野C5で得られるx方向及びy方向に沿う画像信号である。図6(b)の画像信号から十字パターン28aのx座標が求められ、図6(f)の画像信号から十字パタ

ーン28aのy座標が求められる。

【0045】この様にしてサーチ用レチクルマーク28を検出した後に、今度は図2のステップ104において、RA顕微鏡19の観察領域にラフサーチ用アライメントマーク27を移動して、同様にそのアライメントマーク27の位置を検出する。但し、この場合、図1の基準マーク板6のパターンの無い部分を投影光学系8の露光フィールド内に移動して、そのパターンの無い部分を底部から照明しておく。このように基準マーク板6から射出される照明光により、それらラフサーチ用アライメントマーク27及び28を裏面側から照明する。

【0046】以上のシーケンスで、図4(b)のRA顕微鏡19及び20の観察領域19R及び20Rに対する、ラフサーチ用アライメントマーク27及び28の位置及びレチクル座標系の対応を大まかに付けることができる。また、RA顕微鏡の観察領域19R及び20Rとウエハ座標系との大まかな対応付けは、図1の基準マーク板6上の基準マークをRA顕微鏡19及び20で計測することにより行うことができる。これにより、ファインアライメントマーク29A～29D及び30A～30Dと、基準マーク板6上の基準マーク(後述)とが重ならない程度の大まかなアライメント(ラフアライメント)が終了する。

【0047】但し、本例では、投影光学系8のレンズ径を小さくするために、レチクル12上のアライメントマークをラフサーチ用アライメントマークとファインアライメントマークとに分けているが、投影光学系8のレンズ径を大きくしても良い場合は、それらラフサーチ用アライメントマークとファインアライメントマークとを共通マークにすることができる。この場合でも、図5に示したように、斜め方向にステップ送りしてアライメントマークをサーチする手法は通用でき、RA顕微鏡19及び20でアライメントマークのサーチを同時に行うこともできる。

【0048】次に、ファインアライメントのシーケンスについて説明するが、その前にウエハステージ及びレチクルステージの詳細な構成につき説明する。図7(a)はウエハステージの平面図であり、この図7(a)において、Zθ軸駆動ステージ4の上にウエハ5及び基準マーク板6が配置されている。また、Zθ軸駆動ステージ4上には、X軸用移動鏡7X及びY軸用移動鏡7Yが固定され、ウエハ5上で図4(b)のスリット状の照明領域32に対応するスリット状の照明領域32Wが露光光で照明され、観察領域19W及び20Wがそれぞれ図4(b)の観察領域19R及び20Rと共に役である。

【0049】移動鏡7Xには、X軸に平行で且つそれぞれ投影光学系の光軸及びアライメント装置34の基準点を通る光路に沿って間隔ILのレーザービームLWX及びLWYが照射され、移動鏡7Yには、Y軸に平行な光路に沿って間隔ILの2本のレーザービームLWY1及

びLWY2が照射されている。露光時には、Zθ軸駆動ステージ4のX座標として、レーザービームLWXを用いる干渉計で計測された座標値が使用され、Y座標としてレーザービームLWY1及びLWY2をそれぞれ用いる干渉計で計測された座標値Y<sub>1</sub>及びY<sub>2</sub>の平均値(Y<sub>1</sub>+Y<sub>2</sub>)/2が用いられる。また、例えば座標値Y<sub>1</sub>とY<sub>2</sub>との差分からZθ軸駆動ステージ4の回転方向(θ方向)の回転量が計測される。それらの座標に基づいて、Zθ軸駆動ステージ4のXY平面の位置及び回転角が制御される。

【0050】特に、走査方向であるY方向は2個の干渉計の計測結果の平均値を用いる事で、走査時の空気揺らぎ等による誤差を平均化効果により緩和している。また、オフ・アクシス方式のアライメント装置34を使用する場合のX軸方向の位置は、所謂アップ誤差が生じない様に、レーザービームLW<sub>01</sub>を使用する専用干渉計の計測値に基づいて制御される構成である。

【0051】図7(b)は、レチクルステージの平面図であり、この図7(b)において、レチクルY駆動ステージ10上にレチクル微小駆動ステージ11が載置され、その上にレチクル12が保持されている。また、レチクル微小駆動ステージ11にはx軸用の移動鏡21x及びy軸用の2個の移動鏡21y1, 21y2が固定され、移動鏡21xにはx軸に平行にレーザービームLRxが照射され、移動鏡21y1, 21y2にはそれぞれy軸に平行にレーザービームLRy1, LRy2が照射されている。

【0052】ウエハステージと同様に、レチクル微小駆動ステージ11のy方向の座標は、レーザービームLRy1及びLRy2を使用する2個の干渉計で計測された座標値y<sub>1</sub>及びy<sub>2</sub>の平均値(y<sub>1</sub>+y<sub>2</sub>)/2が用いられる。また、x方向の座標は、レーザービームLRxを使用する干渉計で計測された座標値が使用される。また、例えば座標値y<sub>1</sub>とy<sub>2</sub>との差分からレチクル微小駆動ステージ11の回転方向(θ方向)の回転量が計測される。

【0053】この場合、走査方向であるy方向の移動鏡21y1, 21y2としてはコーナキューブ型の反射要素が使用されており、移動鏡21y1, 21y2で反射されたレーザービームLRy1, LRy2はそれぞれ反射ミラー39, 38で反射されて戻されている。即ち、そのレチクル用の干渉計はダブルパス干渉計であり、これによって、レチクル微小駆動ステージ11の回転によりレーザービームの位置ずれが生じない構成になっている。また、ウエハステージ上と同様に、レチクル12上にスリット状の照明領域32及びRA顕微鏡19, 20の観察領域19R, 20Rが配置されている。そして、観察領域19R及び20Rだけから、レチクル12と図7(a)のZθ軸駆動ステージ4を観察できる様になっている。この様にレチクル12とZθ軸駆動ステージ4

との関係を計測して露光時のアライメント精度及びレチクル12とウエハ5との回転精度を向上させる訳であるが、その方法につき図8及び図9を参照して説明する。

【0054】図8(a)は、図4(a)のレチクル12を図7(a)の基準マーク板6上に投影して得られるレチクル像12Wを示し、この図8(a)において、図4(a)のファインアライメントマーク29A~29Dに共役なマーク像29AW~29DWと、ファインアライメントマーク30A~30Dに共役なマーク像30AW~30DWとが示されている。各マーク像29AW~29DW及び30AW~30DWは、それぞれ図8(b)に示すように、3本の直線状のパターンを4辺に配置した形状である。

【0055】図8(c)は、基準マーク板6上の基準マークの配置を示し、この図8(c)の基準マーク板6上には、図8(a)のマーク像29AW~29DW及び30AW~30DWとほぼ同一の配置でそれぞれ基準マーク35A~35D及び36A~36Dが形成されている。これら基準マークは基準マーク板6の裏面から、露光光と同じ波長の照明光で照明されている。また、基準マーク板6上には、基準マーク35A及び36Aの中点から走査方向であるY方向に間隔ILだけ離れた位置に基準マーク37Aが形成されている。間隔ILは、図1における投影光学系8の基準点とオフ・アクシス方式のアライメント装置34の基準点との間隔であるベースライン量と等しい。同様に、基準マーク35B及び36Bの中点、基準マーク35C及び36Cの中点及び基準マーク35D及び36Dの中点からそれぞれY方向に間隔ILだけ離れた位置に、基準マーク37B, 37C及び37Dが形成されている。

【0056】基準マーク35A~35D, 36A~36Dはそれぞれ図8(d)に示すように、7行×7列の直線状パターンから構成され、且つこれら基準マーク35A~35D, 36A~36Dは図8(b)のマーク像29AW~30DWの内部に収まる大きさである。また、基準マーク37A~37Dは、図8(e)に示すように、X方向及びY方向に所定ピッチで形成された格子パターンの内の対応する格子点を使用するものである。

【0057】この場合、先ず図2のステップ105において、ステップ103及び104の計測により得られた結果から、レチクル12とRA顕微鏡19及び20との相対的位置関係及び相対的な回転角を算出し、図4(a)のファインアライメントマーク29A及び30AをそれぞれRA顕微鏡19及び20の観察領域19R及び20R内に移動させる。その後、ステップ106において、図8(c)の基準マーク板6上の基準マーク35A及び36Aをそれぞれその観察領域19R及び20Rと共に観察領域19W及び20W(図9参照)に移動する。これにより、図9(a)に示すように、観察領域19W内でマーク像29AWと基準マーク35Aとが同

時に観察でき、観察領域 20W 内でマーク像 30AW と基準マーク 36A とが同時に観察できる。その後、図 2 のステップ 107において、RA顕微鏡 19 及び 20 で観察される画像を撮像信号に変換してサンプリングすると同時に、オフ・アクシス方式のアライメント装置 34 でも対応する基準マーク像の検出信号をサンプリングする。

【0058】図 9 (a)においては、基準マーク板 6 上にレチクル 12 の投影像であるレチクル像 12W が投影されている。また、図 9 (c) に示すように、観察領域 19W 及び 20W は、それぞれ投影光学系 8 の露光フィールド内の光軸を横切る位置に有り、オフ・アクシス方式のアライメント装置 34 の観察領域内に基準マーク 37A が収まっている。そして、スリットスキャン露光時と同様に、図 7 (a) の Zθ 軸駆動ステージ 4 が上側 (Y 方向) に移動するとの同期して、図 7 (b) のレチクル微小駆動ステージ 11 が下側 (-y 方向) に移動すると、第 9 (a) から図 9 (b) に示すように、基準マーク板 6 とレチクル像 12W と一緒に Y 方向に動く。このとき、RA顕微鏡 19, 20 の観察領域 19W, 20W とオフ・アクシス方式のアライメント装置 34 とは固定されているので、観察領域 19W, 20W 及びアライメント装置 34 の下を、符号 A が付されたマーク群 (マーク像 29AW, 30AW、基準マーク 35A, 36A, 37A) から符号 D が付されたマーク群 (マーク像 29DW, 30DW、基準マーク 35D, 36D, 37D) までが移動して行く。

【0059】先ず、アライメント開始後の図 9 (a) の第 1 の静止位置では、観察領域 19W の下にマーク像 29AW 及び基準マーク 35A があり、観察領域 20W の下にはマーク像 30AW 及び基準マーク 36A があり、オフ・アクシス方式のアライメント装置 34 の下には基準マーク 37A があり、これら符号 A が付されたマークは同時にすべて観察される。第 1 の静止位置での計測が終了すると、ステッピング動作によって第 2 の静止位置までレチクル像 12W と基準マーク板 6 を同期して移動させる。第 1 の静止位置で観察領域 19W, 20W 及びアライメント装置 34 の下に存在したマーク群は符号 A が付されたマーク群であり、第 2 の静止位置で観察領域 19W, 20W 及びアライメント装置 34 の下に存在するマーク群は符号 B が付されたマーク群 (図 8 のマーク像 29BP、基準マーク 35B, 37B 等) である。

【0060】以上の様なシーケンスを第 3 の静止位置及び第 4 の静止位置 (図 9 (b) の状態) と繰り返すことにより、レチクル像 12W のマーク像及び基準マーク板 6 上の基準マークは、符号 A が付されたマーク群、符号 B が付されたマーク群、符号 C が付されたマーク群、符号 D が付されたマーク群の順に、それぞれ RA顕微鏡 19, 20 及びオフ・アクシス方式のアライメント装置 34 によって計測していくことになる。この動作が、図

2 のステップ 105～110 の動作である。この様にして求められた計測結果を分かり易く表現するために、計測結果を図 10 に示す。

【0061】図 10において、RA顕微鏡 19 で得られる測定結果を後述のように補正して求められる、基準マーク 35A からマーク像 29AW までのアライメント誤差のベクトルを AL として、同様に基準マーク 35B～35D からそれぞれマーク像 29BW～29DW までのアライメント誤差のベクトルを BL～DL とする。同様に、基準マーク 36A からマーク像 30AW までのアライメント誤差のベクトルを AR として、基準マーク 36B～36D からそれぞれマーク像 30BW～30DW までのアライメント誤差のベクトルを BR～DR とする。また、オフ・アクシス方式のアライメント装置 34 で得られる計測結果を後述のように補正して求められる、基準マーク 37A～37D からそのアライメント装置 34 の基準点までの誤差ベクトルをそれぞれ AO～DO とする。

【0062】そして、誤差ベクトル AL, AR～DL, DR を得たときの、図 1 のレチクル側の干渉計 14 で計測された x 方向の座標値、即ち図 7 (b) のレーザービーム LRx を用いて得られた座標値をそれぞれ ReAx～ReDx、誤差ベクトル AL, AR～DL, DR を得たときの、図 1 のレチクル側の干渉計 14 で計測された y 方向の座標値、即ち図 7 (b) のレーザービーム L Ry1, L Ry2 を用いて得られた座標値をそれぞれ ReAy1～ReDy1, ReAy2～ReDy2 とする。また、誤差ベクトル AL, AR～DL, DR を得たときの、図 1 のウエハ側の干渉計 13 で計測された X 方向の座標値、即ち図 7 (a) のレーザービーム LWX を用いて得られた座標値をそれぞれ WaAX～WaDX、誤差ベクトル AL, AR～DL, DR を得たときの、図 1 のウエハ側の干渉計 13 で計測された Y 方向の座標値、即ち図 7 (a) のレーザービーム LWY1, LWY2 を用いて得られた座標値をそれぞれ WaAY1～WaDY1, WaAY2～WaDY2 とする。

【0063】また、誤差ベクトル AO～DO を得たときの、オフ・アクシス方式のアライメント装置専用の干渉計で得られた X 方向の座標値、即ち図 7 (a) のレーザービーム LWOF を用いて得られた座標値をそれぞれ WaAOX～WaDOX とする。この場合、図 7 (a) に示すように、ウエハ側のレーザービーム LWY1, LWY2 の X 方向の間隔は IL であり、レチクル側のレーザービーム L Ry1, L Ry2 のウエハ側での間隔は RL である。

【0064】次に、図 10 の誤差ベクトル AL 等の求め方につき説明するために、図 1 の RA顕微鏡 19 の構成を詳細に説明する。図 11 は、RA顕微鏡 19 及びこの照明系を示し、この図 11 において、Zθ 軸駆動ステージ 4 の外部より光ファイバー 44 を介して露光光と同じ

波長の照明光 E L が Z θ 軸駆動ステージ 4 の内部に導かれている。光ファイバー 4 4 の代わりにレンズ系で露光光をリレーしても良い。そのように導かれた照明光が、レンズ 4 5 A、ビームスプリッター 4 5 B 及びレンズ 4 5 C を経て基準マーク板 6 上の基準マーク 3 5 A～3 5 D を照明し、ビームスプリッター 4 5 B を透過した照明光が、レンズ 4 5 D、レンズ 4 5 E、ミラー 4 5 F 及びレンズ 4 5 G を経て基準マーク板 6 上の基準マーク 3 6 A～3 6 D を照明している。

【0065】例えば基準マーク 3 5 A を透過した光は、投影光学系 8 を介して、レチクル 1 2 上のファインアライメントマーク 2 9 上にその基準マーク 3 5 A の像を結像する。その基準マーク 3 5 A の像及びアライメントマーク 2 9 からの光が、偏向ミラー 1 5、レンズ 4 0 A、レンズ 4 0 B を経てハーフミラー 4 2 に達し、ハーフミラー 4 2 で 2 分割された光がそれぞれ 2 次元 CCD よりなる X 軸用の撮像素子 4 3 X 及び Y 軸用の撮像素子 4 3 Y の撮像面に入射する。これら撮像素子 4 3 X 及び 4 3 Y の撮像面にはそれぞれ図 1 2 (a) に示すような、ファインアライメントマーク 2 9 A 及び基準マーク 3 5 像 3 5 A R の像が投影される。この場合、X 軸用の撮像素子 4 3 X の撮像画面 4 3 X a は、ウェハステージ上の X 方向に平行な領域で、且つ水平走査線の方向も X 方向であるが、Y 軸用の撮像素子 4 3 Y の撮像画面 4 3 Y a は、ウェハステージ上の Y 方向に平行な領域で、且つ水平走査線の方向も Y 方向である。

【0066】従って、撮像素子 4 3 X の撮像信号 S 4 X の加算平均から基準マーク 3 5 A とアライメントマーク 2 9 A との X 方向の位置ずれ量が求められ、撮像素子 4 3 Y の撮像信号 S 4 Y の加算平均から基準マーク 3 5 A とアライメントマーク 2 9 A との Y 方向の位置ずれ量が求められる。これら撮像信号 S 4 X 及び S 4 Y が信号処理装置 4 1 に供給されている。

【0067】より詳細に、符号 A が付されたマーク群をアライメントしている場合を例に取って説明すると、RA 顕微鏡 1 9 では例えば図 1 2 (a) に示されているアライメントマーク 2 9 A と基準マーク像 3 5 A R とを同時に観察する。この図 1 2 (a) において、破線で囲まれた撮像画面 4 3 X a 及び 4 3 Y a 内の画像信号 S 4 X 及び S 4 Y が、信号処理装置 4 1 内でアナログ/デジタル変換によりデジタル信号として検出される。それぞれの走査線上的画像データは、信号処理装置 4 1 内で、X 軸及び Y 軸で独立に加算平均され、加算平均された X 軸用の画像信号 S 4 X' 及び Y 軸用の画像信号 S 4 Y' はそれぞれ図 1 2 (b) 及び (c) に示されるようになる。これら画像データはそれぞれ 1 次元画像処理信号として処理される。

【0068】この様にして得られた信号を信号処理装置 4 1 で演算処理すると、図 1 0 のレチクル 1 2 のマーク像 2 9 A W と基準マーク板 6 の基準マーク 3 5 A との X

方向及び Y 方向の相対的な位置ずれ A L' x 及び A L' y が求められる。そして、図 1 の RA 顕微鏡 2 0 により、マーク像 3 0 A W と基準マーク 3 6 A との X 方向及び Y 方向の相対的な位置ずれ A R' x 及び A R' y が求められる。同様に、図 1 0 のマーク像 2 9 B W～2 9 D W と基準マーク 3 5 B～3 5 D との相対的な位置ずれ、及びマーク像 3 0 B W～3 0 D W と基準マーク 3 6 B～3 6 D との相対的な位置ずれが求められる。

【0069】しかし、例えば図 1 2 (b) のアライメントマーク 2 9 A に対応する画像信号と、基準マーク像 3 5 A R に対応する画像信号とは、それぞれレチクル側の干渉計とウェハ側の干渉計とによって位置を制御されている。従って、例えば符号 A が付されたマーク群(図 1 0 の 2 9 A W, 3 5 A, 3 0 A W, 3 6 A)を計測している際のレチクル側の干渉計の計測座標 R e A x, R e A y 1, R e A y 2 と、ウェハ側の干渉計の計測座標 W a A X, W a A Y 1, W a A Y 2 とに対して、各ステージの追従誤差に起因する計測誤差(=実測値-設定値)である  $\Delta R e A x$ ,  $\Delta R e A y 1$ ,  $\Delta R e A y 2$  と、 $\Delta W a A X$ ,  $\Delta W a A Y 1$ ,  $\Delta W a A Y 2$  とが生ずる。この計測誤差が先ほど演算により求められた相対的な位置ずれ A L' x, A L' y に含まれている。

【0070】そこで次式のように、計測により得られた相対的な位置ずれからそれらの誤差を差し引いた結果が、図 1 0 のアライメント誤差のベクトル A L の X 成分 A Lx 及び Y 成分 A Ly となる。但し、次式において  $(1/M)$  は投影光学系 8 の縮小倍率であり、IL 及び RL はそれぞれ図 7 で説明した間隔である。

【0071】  
30 【数 1】  $A L_x = A L' x - \Delta R e A x / M - \Delta W a A X$   
【0072】

【数 2】  $A L_y = A L' y - \Delta R e A y 1 / M - \{ (\Delta W a A Y 1 + \Delta W a A Y 2) / 2 - (\Delta W a A Y 2 - \Delta W a A Y 1) \cdot R L / I L \}$

【0073】同様にして、図 1 0 のアライメント誤差のベクトル A R の X 成分 A Rx 及び Y 成分 A Ry も次式から求められる。

【0074】  
40 【数 3】  $A R_x = A R' x - \Delta R e A x / M - \Delta W a A X$   
【0075】

【数 4】  $A R_y = A R' y - \Delta R e A y 2 / M - \{ (\Delta W a A Y 1 + \Delta W a A Y 2) / 2 - (\Delta W a A Y 2 - \Delta W a A Y 1) \cdot R L / I L \}$

【0076】次に、オフ・アクシス方式のアライメント装置 3 4 により得られる結果を補正して得られる図 1 0 の誤差ベクトル A O～D O について説明するが、そのためそのアライメント装置 3 4 の構成につき図 1 3 を参照して説明する。

【0077】図 1 3 は、そのアライメント装置 3 4 の構成を示し、この図 1 3 において、基準マーク板 6 上の基

準マークからの光は、偏向ミラー部46で偏向されてハーフプリズム47に入射し、ハーフプリズム47で反射された光が白色光を用いた画像処理方式のアライメント光学系（以下「FIA光学系」という）48に向かい、ハーフミラーを透過した光が、ヘテロダイインビームにより格子マークからの回折光を検出するためのアライメント光学系（以下「LIA光学系」という）52に入射する。

【0078】先ず、FIA光学系48側から説明すると、照明光源49からの照明光はFIA光学系48を経た後、ハーフプリズム47及び偏向ミラー46によって偏向されて、基準マーク板6上の基準マークを照明する。その戻り光は同じ光路を辿ってFIA光学系48に戻り、FIA光学系48を通過した光がハーフプリズム50Aに入射し、ハーフプリズム50Aを透過した光束が2次元CCDよりなるX軸用の撮像素子51Xの撮像面上に基準マーク板6上の基準マーク像を結像し、ハーフプリズム50Aで反射された光束が2次元CCDよりなるY軸用の撮像素子51Yの撮像面上に基準マーク板6上の基準マーク像を結像する。

【0079】それぞれの撮像素子51X及び51Yの撮像面上には、図14(a)に示すような画像が結像される。基準マーク板6上の基準マークは格子状のパターンの格子点であり、図14(a)にはその格子状のパターンの像37Pが投影されている。その格子状のパターンの像37Pの基準マーク板6上での格子ピッチをP、暗線の幅をしとすると、幅しは格子ピッチPよりかなり小さく設定されている。また、その撮像面には、基準マーク板6の照明光とは別の照明光で照明されたX方向用の参照マーク（指標マーク）像48X1, 48X2及びY方向用の指標マーク像48Y1, 48Y2が結像されている。それら指標マーク像の位置を基準として、基準マーク板6上の基準マークの位置を検出することができる。

【0080】具体的には、図14(a)の中でX方向と共にY方向の撮像領域51Xa及びY方向と共にX方向の撮像領域51Yaが、それぞれ図13の撮像素子51X及び51Yで撮像される。撮像素子51X及び51Yの水平走査線の方向はそれぞれX方向及びY方向と共にX方向であり、撮像素子51X及び51Yのそれぞれの撮像信号S5X及びS5Yが図13の信号処理装置56に供給される。信号処理装置56では、撮像信号S5X及びS5Yをそれぞれ加算平均して、図14(b)の画像信号S5X'及び図14(c)の画像信号S5Y'を得、これら画像信号から基準マーク板6上の対象とする基準マークの位置ずれを求める。さらに詳細な構成は、特願平4-16589号に開示されている。

【0081】検出対象とする基準マークが図10の基準マーク37Aの場合に、図14(a)の画像処理により得られる、基準マーク37Aの参照マークに対するX方

向及びY方向の相対的な位置ずれをそれぞれAO'x及びAO'yとする。このときの基準マーク板6の位置はウエハ座標系で管理されているので、その計測結果から図7(a)のZθ軸駆動ステージ4の追従誤差及び回転誤差を引いた値が、図10の誤差ベクトルAOのX成分AOx及びY成分AOyとなる。但し、図13のFIA光学系48に対応するX成分AOx及びY成分AOyをそれぞれAOx及びAOyとする。即ち、次式が得られる。

10 【0082】

$$【数5】 AO_{\alpha x} = AO'_{\alpha x} - (W_a A O X - W_a A X)$$

【0083】

【数6】

$$AO_{\alpha y} = AO'_{\alpha y} - (W_a A Y 1 + W_a A Y 2) / 2$$

【0084】一方、図13のLIA光学系52を含むアライメント系では、レーザ光源53からのレーザ光が、LIA光学系52、ハーフプリズム47を透過した後、偏向ミラー45で偏向されて基準マーク板6上の回折格子状の基準マークに入射する。その基準マークからの回折光は、同じ光路を辿ってLIA光学系52に戻り、LIA光学系52を通過した回折光は、ハーフプリズム50Bで2分割されてX方向用の受光素子55X及びY方向用の受光素子55Yに入射する。

20 【0085】この際に、LIA光学系52内でレーザ光源53からのレーザ光は2分割され、内部の周波数シフターによってそれら2つのレーザ光の周波数には△fの周波数差が与えられている。それら2つのレーザ光の干渉光が受光素子54で受光され、その受光素子からは周波数△fの参照信号S6が出力される。また、それら2つの周波数の異なるレーザ光（ヘテロダイインビーム）がある適当な入射角で基準マーク板6上の回折格子状の基準マークに照射され、その基準マークによるそれら2本のレーザ光の±1次回折光が、平行に基準マーク板6に対して垂直に戻るようになっている。、その±1次光の干渉光は周波数△fで光強度が変化するが、位相が基準マークのX座標及びY座標に応じて変化する。そして、受光素子55Xからは、基準マークのX座標に応じて位相が変化している周波数△fのビート信号S7Xが出力され、受光素子55Yからは、基準マークのY座標に応じて位相が変化している周波数△fのビート信号S7Yが出力され、参照信号S6及びビート信号S7X, S7Yは信号処理装置56に供給されている。

30 【0086】検出対象の基準マークを図10の基準マーク37Aとすると、図13の信号処理装置56は、図14(d)に示すように、参照信号S6とビート信号S7Xとの位相差△φxより、基準マーク37AのX方向の位置ずれAO'lxを求め、図14(e)に示すように、参照信号S6とビート信号S7Xとの位相差△φyより、基準マーク37AのY方向の位置ずれAO'lyを求める。この計測結果から図7(a)のZθ軸駆動ステー

40

ジ4の追従誤差及び回転誤差を引いた値が、図10の誤差ベクトルAOのX成分AO<sub>x</sub>及びY成分AO<sub>y</sub>となる。但し、図13のLIA光学系52に対応するX成分AO<sub>x</sub>及びY成分AO<sub>y</sub>をそれぞれAO<sub>lx</sub>及びAO<sub>ly</sub>とする。即ち、次式が得られる。

【0087】

$$【数7】 AO_{lx} = AO'_{lx} - (WaAOX - WaAX)$$

【0088】

【数8】

$$AO_{ly} = AO'_{ly} - (WaAY1 + WaAY2) / 2$$

【0089】以上の一様にして、図10の符号Aが付されたマーク群の位置でアライメントを行うと、AL<sub>x</sub>、AL<sub>y</sub>、AR<sub>x</sub>、AR<sub>y</sub>、AO<sub>lx</sub>、AO<sub>ry</sub>、AO<sub>ux</sub>、AO<sub>ly</sub>の8個のデータが計測される。この様なシーケンスで符号Aが付されたマーク群～符号Dが付されたマーク群までの計測を行うことによって、32個(=8×4)のデータが求められる。これら32個のデータの内で、RA顕微鏡19及び20により得られたデータを実測データD<sub>xn</sub>、D<sub>yn</sub>として記憶し、オフ・アクシス方式のアライメント装置34により得られたデータを実測データA<sub>xn</sub>、A<sub>yn</sub>として記憶する。その後、動作は図2のステップ111に移行する。

【0090】図2のステップ111において、RA顕微鏡19、20に対応する実測データD<sub>xn</sub>、D<sub>yn</sub>に対して、実際にレチクル座標系とウエハ座標系とを線形誤差のみで変換できるようにした座標系での、x方向及びy方向の座標をF<sub>xn</sub>及びF<sub>yn</sub>とすると、これらの関係は以下の様になる。

【0091】

【数9】

$$\begin{bmatrix} F_{xn} \\ F_{yn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_x & -R_x \cdot (\omega + \theta) \\ R_y \cdot \theta & R_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_{xn} \\ D_{yn} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Ox \\ Oy \end{bmatrix}$$

【0092】また、x方向及びy方向の非線形誤差をε<sub>xn</sub>及びε<sub>yn</sub>とすると、次式が成立する。

【0093】

【数10】

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_{xn} \\ \varepsilon_{yn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} F_{xn} \\ F_{yn} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} D_{xn} \\ D_{yn} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 1 - R_x & -R_x \cdot (\omega + \theta) \\ R_y \cdot \theta & 1 - R_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_{xn} \\ D_{yn} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Ox \\ Oy \end{bmatrix}$$

【0094】そして、これら非線形誤差(ε<sub>xn</sub>、ε<sub>yn</sub>)が最小となる様に最小自乗近似を用いて、(数9)の6つのパラメータR<sub>x</sub>、R<sub>y</sub>、θ、ω、O<sub>x</sub>、O<sub>y</sub>の値を算出する。ここでx方向のスケーリングパラメータR<sub>x</sub>はレチクル12と基準マーク板6とのx方向の倍率誤差を示し、スケーリングパラメータR<sub>y</sub>はレチクル座標系とウエハ座標系との走査方向(y方向)のスケーリング

誤差を示す。また、角度パラメータθはレチクル12と基準マーク板6と回転誤差、角度パラメータωはレチクル座標系とウエハ座標系との走査方向の平行度、オフセットパラメータO<sub>x</sub>及びO<sub>y</sub>は両者のx方向及びy方向のオフセット値をそれぞれ示す。

【0095】次に、図2のステップ112及び113において、ベースライン量を求める。この場合、オフ・アクシス方式のアライメント装置34で計測されたデータA<sub>xn</sub>及びA<sub>yn</sub>の平均値をそれぞれ⟨Ax⟩及び⟨Ay⟩として、ベースライン量計測時のオフセットは(⟨Ax⟩-O<sub>x</sub>、⟨Ay⟩-O<sub>y</sub>)となる。従って、アライメント時には、図7(a)のレーザービームLWXを用いる干渉計(以下、「露光用干渉計LWX」とも呼ぶ)からレーザービームLWOFを用いる干渉計(以下、「オフ・アクシス専用干渉計LWOF」とも呼ぶ)に制御を切り換え、図13のFIA光学系48を使用する場合には、計測されたデータA<sub>xn</sub>及びA<sub>yn</sub>の平均値をそれぞれ⟨Af<sub>x</sub>⟩及び⟨Af<sub>y</sub>⟩とする。そして、オフセット(⟨Af<sub>x</sub>⟩-O<sub>x</sub>、⟨Af<sub>y</sub>⟩-O<sub>y</sub>)のオフセットを図7(a)のレーザービームLWY1、LWY2、LWOFに対応する干渉計の計測値に持たせてアライメント処理を行えばよい。一方、図13のLIA光学系52を使用する場合には、計測されたデータA<sub>xn</sub>及びA<sub>yn</sub>の平均値をそれぞれ⟨AL<sub>x</sub>⟩及び⟨AL<sub>y</sub>⟩とする。そして、干渉計の計測値に(⟨AL<sub>x</sub>⟩-O<sub>x</sub>、⟨AL<sub>y</sub>⟩-O<sub>y</sub>)のオフセットをもたらせば良い。

【0096】なお、以上の補正方式は、ステージ座標系の基準座標系を基準マーク板6上の基準マークに基づいて設定することを意味している。この場合には、言い換えると、例えば基準マーク板6上の基準マーク37A～37Dを通る軸が基準軸となり、この基準軸上で露光用干渉計LWXの読み値を0とした場合の、この基準軸上でのオフ・アクシス専用干渉計LWOFの読み値(ヨーイング値)が求められる。そして、露光時には、露光用干渉計LWXの読み値と、オフ・アクシス専用干渉計LWOFの実際の読み値にそのヨーイング値の補正を行った結果とを、それぞれ「受渡し用の干渉計値」として、この受渡し用の干渉計値に基づいてウエハ5の位置合わせを行うものである。

【0097】これに対して、例えば図7(a)において、ステージ座標系の基準軸をX軸用の移動鏡7Xとする方法を使用してもよい。この場合には、先ず図7(a)の状態で、露光用干渉計LWXの読み値、及びオフ・アクシス専用干渉計LWOFの読み値を同時にリセット(0に)し、以後の露光時には受渡し用の干渉計値を用いることなく計測値そのものを使用する。一方、アライメント時には、例えば基準マーク板6上の基準マーク37A～37Dを通る基準軸の移動鏡7Xに対する傾斜角θ<sub>xf</sub>を求め、レーザービームLWXとLWOFとの間隔1Lを用いて、オフ・アクシス専用干渉計LWOFの読み値

に  $I L \cdot \theta_{xh}$  の補正を行って得た値を用いる。これにより、通常の露光時には露光用干渉計  $LWX$  の読み値、及びオフ・アクシス専用干渉計  $LWOF$  の読み値をそのまま使用できるようになる。

【0098】次に、計測データ  $D_{xn}$ ,  $D_{yn}$  は、ウエハ座標系とレチクル座標系との相対誤差のみを表しているので、ウエハ座標系基準で最小自乗近似計算を行った場合は、求められたパラメータ  $R_x$ ,  $R_y$ ,  $\theta$ ,  $\omega$ ,  $O_x$ ,  $O_y$  はすべてウエハ座標系を基準としたレチクル座標系の線形誤差で表される。そこで、レチクル座標系の  $x$  座標及び  $y$  座標をそれぞれ  $r_{xn}'$  及び  $r_{yn}'$  とすると、ウエハ座標系の動きに応じて次式から求められた新座標 ( $r_{xn}'$ ,  $r_{yn}'$ ) に基づいてレチクルを駆動すれば良い。

【0099】

【数11】

$$\begin{bmatrix} r_{xn}' \\ r_{yn}' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_x & -R_x \cdot (\omega + \theta) \\ R_y \cdot \theta & R_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{xn} \\ r_{yn} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} O_x \\ O_y \end{bmatrix}$$

【0100】この処理では、既にオフセット  $O_x$ ,  $O_y$  の補正がレチクル側でなされているので、ベースライン量としては ( $\langle A_x \rangle$ ,  $\langle A_y \rangle$ ) のオフセットを補正するのみでよい。また、レチクル座標系を基準とした場合は、すべて逆の結果となり、ウエハ座標系で補正することも可能である。またこれらの補正是ラフアライメント時はウエハ座標系で補正し、ファインアライメント時はレチクル座標系で行う等の様に分けて制御してもかまわない。

【0101】以上の様に本実施例によれば、1回のレチクルアライメント時に、複数のマークを利用してレチクルアライメント及びベースライン量のチェックを行うので、レチクルの描画誤差と、レチクル及びウエハの位置合わせ誤差を平均化する事が可能となり、アライメン

ト精度が向上する。更に、これらの工程をすべて同時にを行うのでスループットも向上する。更に、非走査方向 (X 方向) において複数の基準マークを同時に計測できる基準マーク板 6 を採用している為に、干渉計の光路の空気揺らぎによる誤差が生じない。

【0102】しかしながら、走査方向には基準マーク板 6 がステップ的に移動するので空気揺らぎによる影響が考えられる。その為ベースライン量のチェック時に、図 13 の LIA 光学系 52 を用いた処理を行う際に、受光素子 55X 及び 55Y の出力値を用いてウエハステージ (Z θ 軸駆動ステージ 4 等) の位置をロックして、レチクルアライメント及びベースライン量のチェックを行えば、空気揺らぎの影響は最小限に抑えられる。また、本例のレチクルマークはレチクル 12 の 4 隅部の計 8箇所に配置されている。これはレチクル座標系とウエハ座標系との対応関係を調べる為に、オフセットのみでなく、パラメータ  $R_x$ ,  $R_y$ ,  $\theta$ ,  $\omega$  が必要であり、4 隅にマークを配置した方がパラメータ  $R_y$ ,  $\theta$ ,  $\omega$  の決定には有利である事による。更に、発光性の基準マーク板 6 を用いる場合は、発光部に制限があり、基準マーク板 6 上の全面を発光させることが難しい為である。

【0103】また、レチクル 12 上のレチクルマーク数を  $n$  とすると、オフセットパラメータ  $O_x$ ,  $O_y$  は  $1/n^{1/2}$  に平均化され、他のパラメータの誤差も小さくなる。従って、レチクルマーク数  $n$  を増加する程誤差は小さくなる。以下に、レチクルマーク数  $n$  とパラメータの誤差及びベースライン量の誤差との関係をシミュレーションした結果を示す。以下では(数11)の新座標系での4隅でのばらつきを、標準偏差  $\sigma$  の3倍で且つ単位 [nm] で表す。

【0104】

【表1】

レチクル マーク数 n	RX, Ry, θ, ω の誤差		ベースライン量 の誤差		悪い方の自乗和	
	座標軸	X	Y	X	Y	
4		9.59	10.96	8.8	7.2	16.00
8		7.10	7.92	6.2	5.1	9.43
12		5.86	6.48	5.1	4.2	7.77
16		5.03	5.80	4.4	3.6	6.83

【0105】以上よりレチクルマーク数  $n$  を 8 個とすることにより、レチクル描画誤差を 50 nm、ステージのステッピング誤差を 10 nm としても、レチクルアライメント及びベースライン量のチェックの精度を 10 nm 以下にできることが分かる。即ち、発光性の基準マーク板 6 の制限以内で処理速度を早くして、レチクルマーク数  $n$  を多くとつければ、より精度を向上させる事も可

能となる。

【0106】この際に基準マーク板 6 上のパターンング誤差及び投影光学系 8 のディストーション誤差が新座標系の中に誤差として残るが、これらは変動がほとんどないので、装置調整時に露光結果を参照データと比較して、得られた誤差をシステムオフセットとして取り除けば問題はない。なお、上述実施例では、図 8 (c) に示

すように、基準マーク板6上に基準マーク35A～35Dが複数個設けられ、基準マーク37A～37Dも複数個設けられている。しかしながら、例えば1個の基準マーク35A及び1個の基準マーク37Aのみを使用しても、レチクル12だけを走査して計測結果を平均化することにより、レチクル12上のパターンの描画誤差の影響を低減できる。

【0107】次に、本発明の第2実施例につき、図15及び図16のフローチャートを参照して説明する。これに関して、上述の第1実施例のレチクルアライメントモードはレチクル上の4組のファインアライメントマーク29A～29D、30A～30Dを使用して、ファインのレチクルアライメントを行うものであった。しかしながら、第1実施例の方法により1度ファインのレチクルアライメントが行われた後は、スキャン方向のスケーリング誤差、又はスキャン方向のレチクル座標系とウエハ座標系との平行度が小さい場合等には、1組のファインアライメントマークを使ってレチクルアライメントやベースライン計測を行うようにしてよい。このように1組のファインアライメントマークを使って非スキャン方向の倍率( $R_x$ )計測、ローテーション( $\theta$ )計測、及びベースライン計測の3項目に対する計測を実施するアライメントモードを「クイックモード」と呼ぶ。このクイックモードは、更にレチクル12上のファインアライメントマーク29A～30Dの描画誤差が小さいことが予め分かっている場合にも、適用することができる。

【0108】このクイックモードでは、例えば、レチクル12上の1組のファインアライメントマーク29A、30Aと、基準マーク板6上の1組の基準マーク35A、36Aと、基準マーク板6上の1つの基準マーク37Aとを使って、非スキャン方向の倍率( $R_x$ )計測、ローテーション( $\theta$ )計測、及びベースライン計測の3項目に対する計測を実施する。但し、このクイックモードの場合、1組のファインアライメントマーク29A、30Aの描画誤差を補正するためには、ファインアライメントシーケンスで求めた、マーク29A、30Aの描画誤差を記憶しておく必要がある。

【0109】この第2実施例の動作を図15及び図16を参照して説明する。図15及び図16の動作は、図2の動作にクイックモードを加えた動作であり、ファインモードとクイックモードとが切り替え可能となっている。図15のステップにおいて、図2のステップに対応するステップには同一符号を付してその詳細説明を省略する。

【0110】図15において、ステップ101～104については図2の場合と同様に、レチクルホルダー上にレチクル12を載置し、ラフサーチ用アライメントマーク27及び28の位置をそれぞれRA顕微鏡19及び20にて検出する。次に、ステップ115でファインモードとクイックモードとのどちらか一方を選択する。この

選択結果は予め図1のキーボード22Cを介してオペレータから指示されている。但し、不図示のバーコード・リーダによりレチクル12のパターン情報等を読み取り、この結果に基づいて主制御系22Aが自動的にアライメントモードを選択するようにしてよい。

【0111】ファインモードが選択されると、図15のステップ105～113が実行され、前述の如く複数のファインアライメントマークと複数の基準マークとを使ったレチクルアライメント及びファインアライメントの計測結果を使ったベースライン計測が実行される。そして、ステップ114で、レチクル12上の新座標系上において、本来の位置に対する実際のファインアライメントマーク29A及び30Aの位置の描画誤差(以下、「マーク誤差」という)を求め、そのマーク誤差を主制御系22A内の記憶部に記憶する。マーク誤差を求める際には、ステップ113で求めた関係(変換パラメータ)より、ウエハ座標系を基準としてレチクル座標系を求める、このレチクル座標系上でファインアライメントマーク29A～29D、30A～30Dの設計上の座標値に対する計測された座標値の非線形誤差を求める。この非線形誤差がマーク誤差となる。このようにして、ファインアライメント時に、ステップ112、113の結果からレチクル上の新座標系上でのマーク誤差を記憶しておく。また、レチクル描画誤差を予め計測してある場合は、オペレータが描画誤差を直接入力してもよい。描画誤差に線形成分が含まれる時は特に効果が大きい。

【0112】一方、ステップ115でクイックモードが選択されると、動作は図16のステップ116に移行する。そしてステップ116～118において、図15のステップ105～107と同じ動作を実行する。即ち、クイックモードでレチクル12上の1対のファインアライメントマーク30A、29A、及び基準マーク板6上の1対の基準マーク36A、35Aの像をRA顕微鏡により観察し、オフ・アクシス方式のアライメント装置34によって1個の基準マーク37Aを検出する。また、ステップ119の後半で、RA顕微鏡で観察したマーク、及びオフ・アクシス方式のアライメント装置34で検出したマークの位置を求める。その後、ステップ119において、レチクル12上のファインアライメントマーク30A、29Aの検出された位置に対して、図15のステップ114で求めたマーク誤差の補正を行う。これにより、クイックモードで計測するマークの個数は少なくとも、レチクル12上のパターン描画誤差は第1実施例のファインアライメントモードの場合とほぼ同程度に補正できる。

【0113】次に、ステップ120において、ステップ119での補正により得られた各マークの位置に基づいて、(数9)の6個の変換パラメータ( $R_x$ ,  $R_y$ ,  $\theta$ ,  $w$ ,  $O_x$ ,  $O_y$ )の内の、非スキャン方向の倍率誤差 $R_x$ 、ローテーション $\theta$ 、及びオフセット $O_x$ ,  $O_y$

を求める。具体的には、図8(a)及び(c)に示すように、実測した基準マーク35A, 36AのX方向(非スキャン方向)のマーク間隔と、マーク像29AW, 30AWのX方向の間隔との差から非スキャン方向の倍率誤差 $R_x$ を求める。更に、基準マーク35A, 36AのY方向(スキャン方向)の位置ずれと、マーク像29AW, 30AWのY方向の位置ずれとの差、及びマーク間隔からローテーション $\theta$ を求める。また、オフセット $O_x, O_y$ は基準マークとレチクルのマーク像との平均的な位置ずれ量から求められる。

【0114】なお、このクイックモードでは、計測対象とするマークはレチクル側と基準マーク板6側とで2個ずつあるため、(数9)の6個の変換パラメータ内の4個の変換パラメータしか決めることができない。そこで、上述のように4個の変換パラメータの値を求めている。なお、例えば図4のY方向に並んだ2個のファインアライメントマーク29A, 29D、及び図8(c)の2個の基準マーク35A, 35Dを計測対象と選択することにより、走査方向の倍率誤差 $R_y$ を求めることができる。

【0115】そして、ステップ120で求められた非スキャン方向の倍率誤差 $R_x$ 、ローテーション $\theta$ 、及びオフセット $O_x, O_y$ に基づいてレチクルアライメントが行われる。なお、倍率誤差の計測は、各マークの設計値に対する各マークの計測値のずれ分に対応する倍率誤差を予めテーブルとして用意しておき、各マークの設計値に対する各マークの計測値のずれ分をそのテーブルに当てはめて倍率誤差を求めるようにしてもよい。

【0116】次に、ステップ121において、基準マーク35A, 36Aの中心座標の計測値と基準マーク37Aの計測値を使ってベースライン計測を行う。このように、本実施例によれば、一度ファインアライメントモードを実行してレチクル12のパターンの描画誤差(マーク誤差)を求めておき、クイックモードでアライメントを実行する場合には、そのマーク誤差の補正を行っているため、高いスループットで且つ高精度にスリットスキャン方式の投影露光装置のアライメントを行うことができる。

【0117】次に、本発明の第3実施例につき図17のフローチャートを参照して説明する。この第3実施例は、ウエハを所定枚数交換する毎に、即ち所定枚数のウエハに露光を行う毎に、上述のクイックモードでレチクルアライメントとベースライン計測とを行うものである。本実施例において、図1の投影露光装置でレチクルを交換した後、例えば数100枚のウエハにレチクル12のパターンを順次露光する場合の動作の一例を図17を参照して説明する。

【0118】先ず、図17のステップ211において、前に使用したレチクルを図1のレチクル12に交換して露光動作が開始される。この際には図15のステップ1

01～104及び115、並びに図16のステップ116～121に示す、クイックモードのレチクルアライメント及びベースラインチェックの動作が実行される。その後、ステップ212で変数Nに初期値として、次にレチクルアライメント及びベースラインチェックを行うまでに露光するウエハの枚数を設定し、ステップ213でウエハをウエハステージ4上にロードする。但し、ステップ213で既に露光されたウエハがあるときにはその露光済みのウエハのアンロード(搬出)を行った後に新たなウエハのロードを行う。

【0119】次に、ステップ214で変数Nが0であるかどうか、即ちレチクルアライメント及びベースラインチェックを行うタイミングであるかどうかが調べられ、変数Nが0より大きい場合にはステップ215で変数Nから1を減算してステップ216に移行する。このステップ216では、図13のオフ・アクシス方式のアライメント装置34又はTTL方式のウエハアライメント系を用いてウエハのアライメントを行った後、ウエハの各ショット領域にレチクル12のパターンが露光される。

20 全部(指定枚数)のウエハへの露光が終了すると、そのレチクル12に関する露光工程は終了するが、全部のウエハへの露光が終わっていない場合には、ステップ213に戻って露光済みのウエハのアンロード及び新たなウエハのロードが行われる。その後動作はステップ214に移行する。

【0120】また、ステップ214でN=0、即ちレチクルアライメント及びベースラインチェックを行うタイミングである場合にはステップ217においてレチクル12の回転誤差及び倍率誤差の計測が行われる。これは

30 図16のステップ120と同様である。その後、ステップ218に移行し、ここでオフ・アクシス方式のアライメント装置34(FIA光学系48を含むアライメント系又はLIA光学系52を含む2光束干渉アライメント方式のウエハアライメント系)のX方向及びY方向のベースラインチェックが行われる。その後、ステップ219で変数Nとして次にベースラインチェックを行うまでに露光するウエハの枚数を設定してから、動作はステップ216に戻る。

【0121】このように、本実施例によれば、レチクルを交換する毎に、レチクルアライメント及びベースライン計測を行うと共に、所定枚数のウエハに露光を行う毎にクイックモードでレチクルアライメント及びベースライン計測を行っているため、高いスループットで各ウエハとレチクルのパターン像との重ね合わせ精度を高めることができる。

【0122】また、上述実施例の手法はオフ・アクシス方式のアライメント時のベースライン計測について説明してあるが、投影光学系のフィールド内を用いたTTL(スルー・ザ・レンズ)方式においても本発明の適用により同様の効果が期待できる。このように、本発明は上

述実施例に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

【0123】

【発明の効果】本発明の第1の投影露光方法によれば、最終的に、例えばマスク上の複数の計測用マークの各位置で求められた位置ずれに合わせて、最小自乗近似等によって、マスク座標系と基板座標系とを対応付けるパラメータ（倍率、走査方向のスケーリング、回転、走査方向の平行度、X方向及びY方向のオフセット）を求ることにより、マスク上の計測用マークの描画誤差の影響を小さく抑えることができる。

【0124】また、第2の投影露光装置によれば、マスク側の複数の計測用マークに関する計測結果を平均化することにより、マスクの計測用マークの描画誤差を小さくして、投影光学系の基準点とアライメント系の基準点との間隔であるベースライン量を正確に計測できる。また、第3の投影露光装置によれば、基準マーク部材上に、マスク上の複数の計測用マークに対応させてその第1の基準マークを複数個形成すると共に、これら複数の第1の基準マークからそれぞれ投影光学系の露光フィールド内の基準点とオフ・アクシス方式のアライメント系の基準点との間隔に対応する間隔でその第2の基準マークを複数個形成しているため、基準マーク側でも平均化が行われるので、より正確にベースライン量が計測される。

【0125】また、本発明の第4の投影露光方法によれば、クイックモードによる簡易的な計測工程を選択することにより、必要に応じて高いスループットでマスク上の座標系とステージ上の座標系との対応関係を求めることができる。また、第5の投影露光方法によれば、クイックモードによる簡易的な計測工程を選択することにより、必要に応じて高いスループットでマスク上の座標系とステージ上の座標系との対応関係、及びベースライン量を求めることができる。

【0126】また、第6の投影露光方法によれば、所定枚数の基板に露光を行う毎に、クイックモードによる簡易的な計測工程を実行しているため、多くの基板に連続的にスキャン方式で露光を行う場合に、高いスループットでマスク上の座標系とステージ上の座標系との対応関係、及びベースライン量を求めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による投影露光方法の実施例が適用される投影露光装置を示す構成図である。

【図2】第1実施例のアライメント方法及びベースライン量のチェック方法を示すフローチャートである。

【図3】レチクルローダー系を示す斜視図である。

【図4】(a)はレチクル上のアライメントマークの配置図、(b)は投影光学系の有効視野と共に役な領域でのアライメントマーク等を示す配置図、(c)はファインアライメントマーク29A～30Dを示す拡大図であ

る。

【図5】(a)はレチクルの大まかなアライメントを行う場合の説明図、(b)は図5(a)を縮小した図である。

【図6】レチクルの大まかなアライメントを行うときに撮像素子から得られる種々の撮像信号を示す波形図である。

【図7】(a)はウエハ側のステージの平面図、(b)はレチクル側のステージの平面図である。

【図8】(a)はレチクル上のマーク配置を示す投影図、(b)はレチクル上のマークの一例を示す拡大投影図、(c)は基準マーク板6上の基準マークの配置を示す平面図、(d)は基準マーク35A等の一例を示す拡大図、(e)は基準マーク37A等の一例を示す平面図である。

【図9】レチクルアライメント及びベースライン量の計測時の基準マーク板、レチクル、投影光学系及びアライメント装置の関係を示す平面図である。

【図10】レチクルアライメント及びベースライン量の計測により得られる誤差ベクトルを示す図である。

【図11】レチクルアライメント顕微鏡19及び照明系の構成を示す一部を切り欠いた構成図である。

【図12】(a)は図11の撮像素子で観察される画像を示す図、(b)及び(c)はその画像に対応するX方向及びY方向の画像信号を示す波形図である。

【図13】オフ・アクシス方式のアライメント装置34を示す構成図である。

【図14】(a)は図13の撮像素子で観察される画像を示す図、(b)及び(c)はその画像に対応するX方向及びY方向の画像信号を示す波形図、(d)及び(e)は図13のLIA光学系を介して得られる検出信号を示す波形図である。

【図15】第2実施例のアライメント方法及びベースライン量のチェック方法の一部の動作を示すフローチャートである。

【図16】第2実施例のアライメント方法及びベースライン量のチェック方法の残りの動作を示すフローチャートである。

【図17】第3実施例の露光方法の動作を示すフローチャートである。

【図18】従来のステッパーのアライメント系を示す一部を切り欠いた構成図である。

【符号の説明】

4 Zθ軸駆動ステージ

5 ウエハ

6 基準マーク板

7 ウエハ側の移動鏡

8 投影光学系

11 レチクル微小駆動ステージ

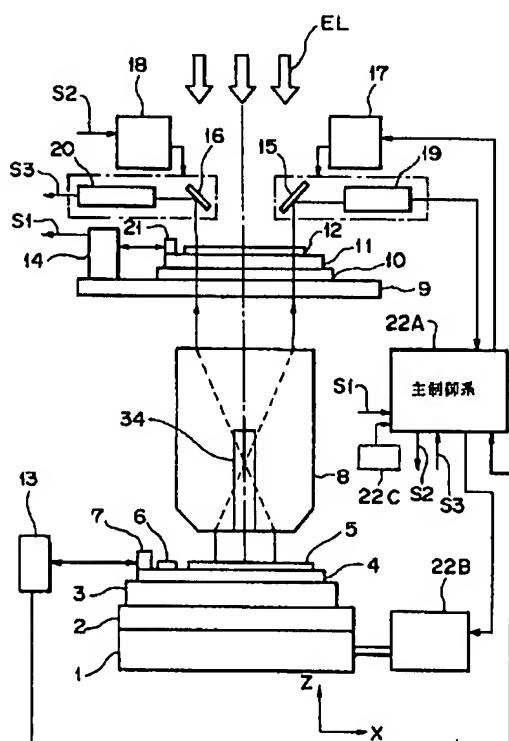
12 レチクル

- 19, 20 レチクルアライメント顕微鏡 (RA顕微鏡)  
 21 レチクル側の移動鏡  
 27, 28 ラフサーチ用アライメントマーク  
 29A~29D, 30A~30D ファインアライメン

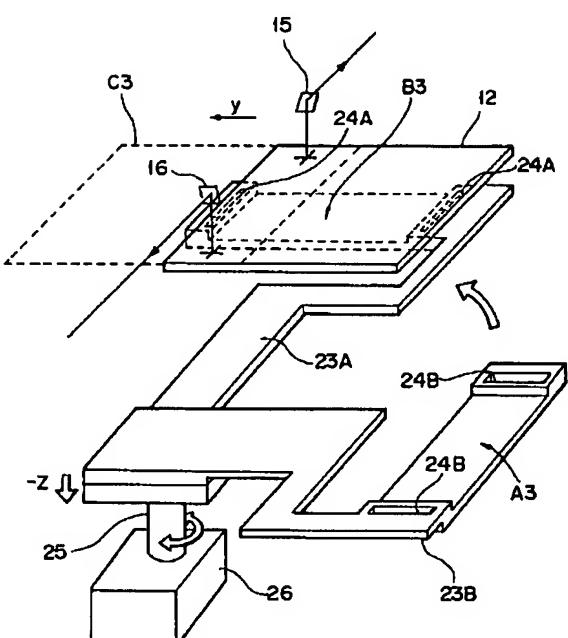
トマーク

- 34 オフ・アクシス方式のアライメント装置  
 35A~35D, 36A~36D 基準マーク  
 37A~37D 基準マーク

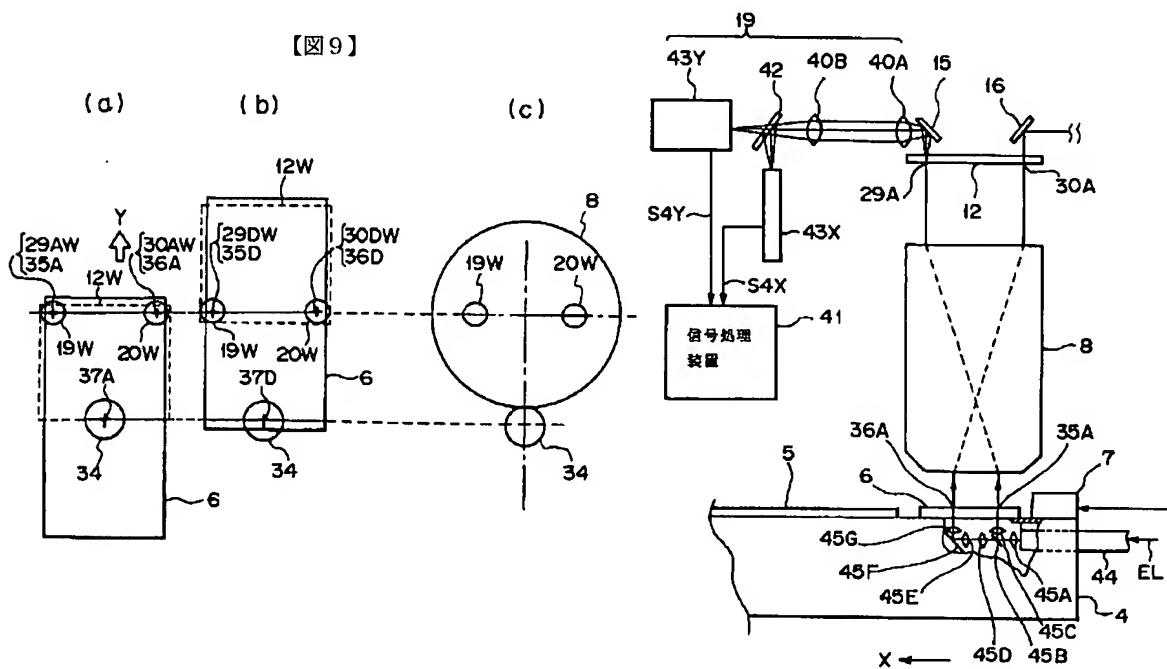
【図1】



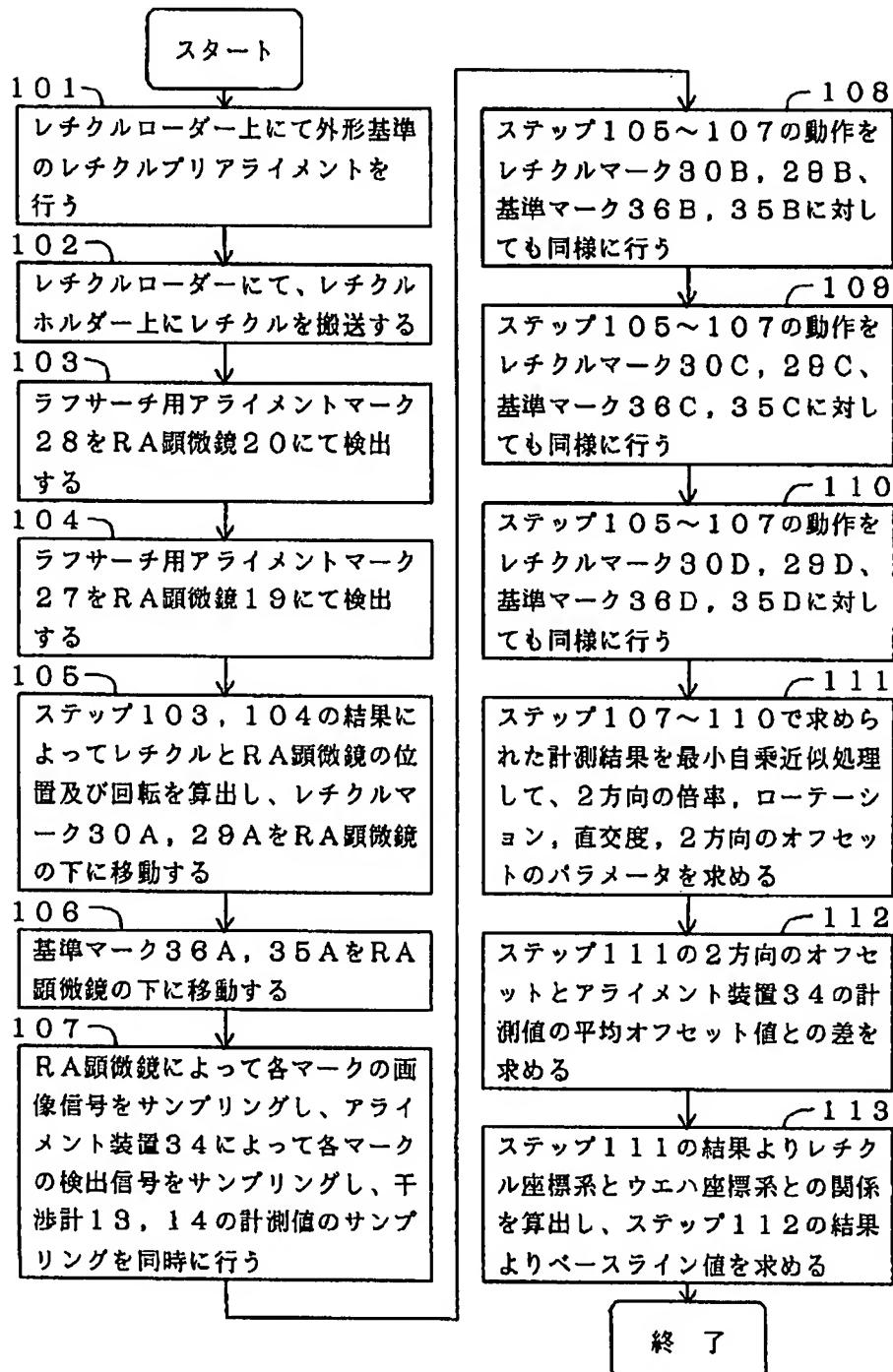
【図3】



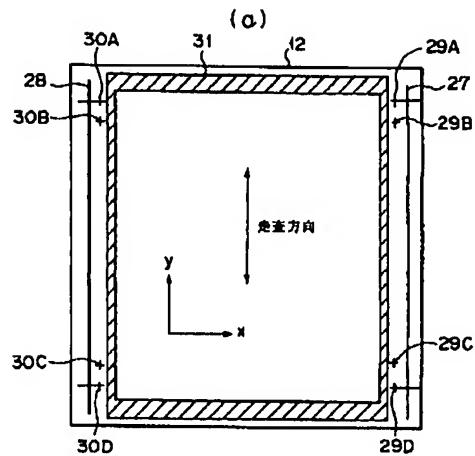
【図11】



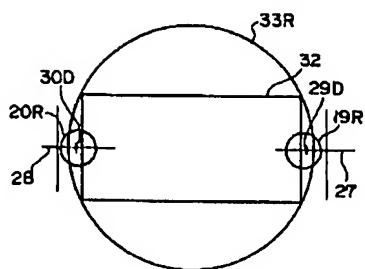
【図2】



【図4】



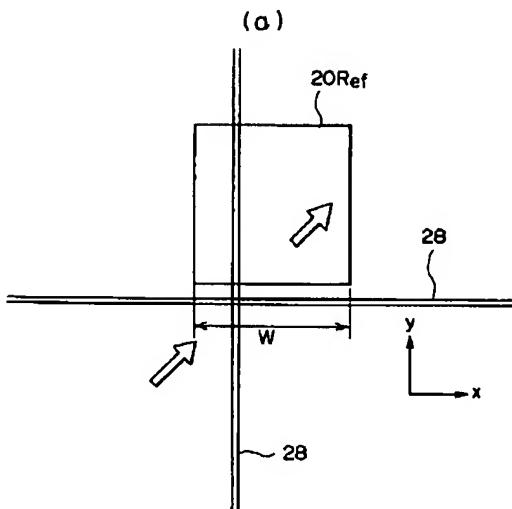
(b)



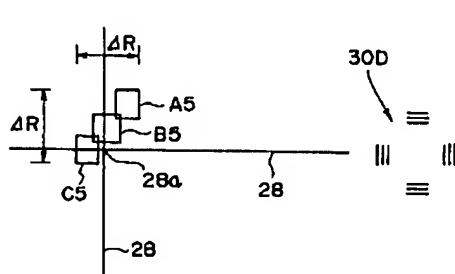
(c)

$\equiv$   
 $\equiv$   
29A~30D

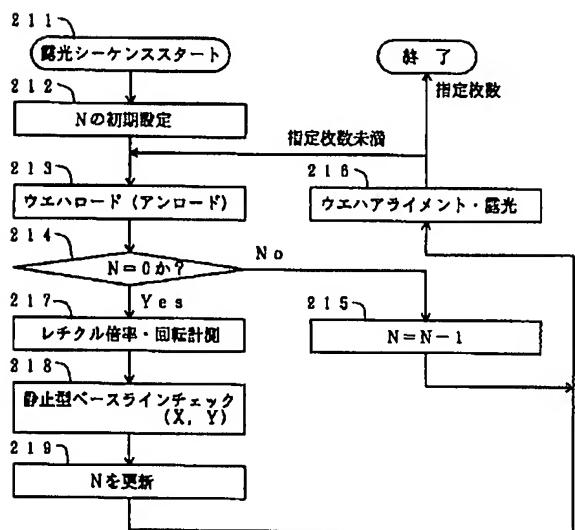
【図5】



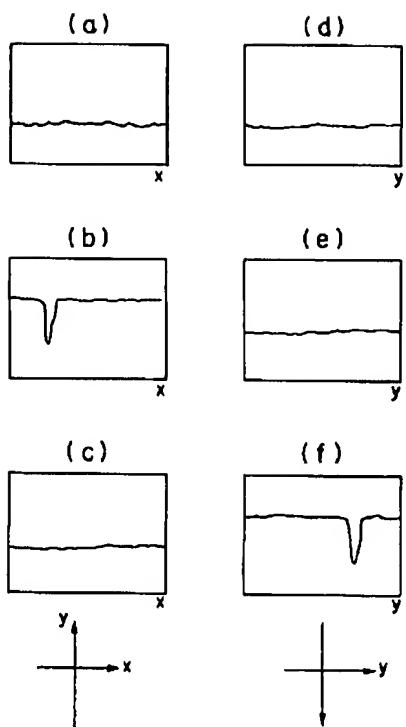
(b)



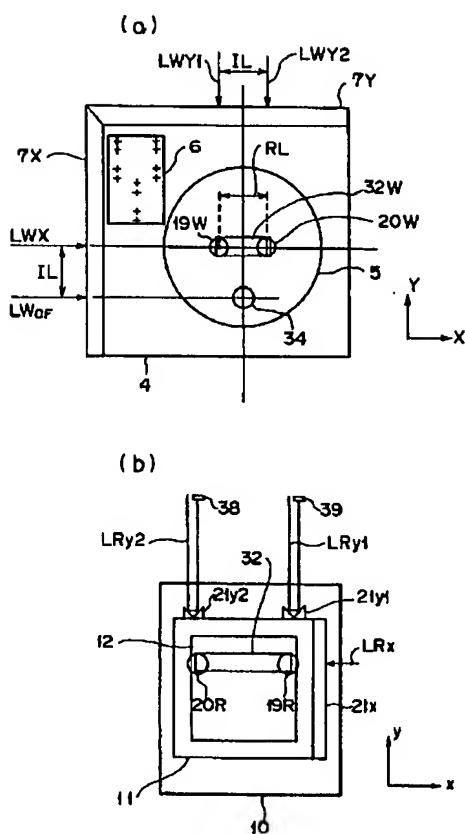
【図17】



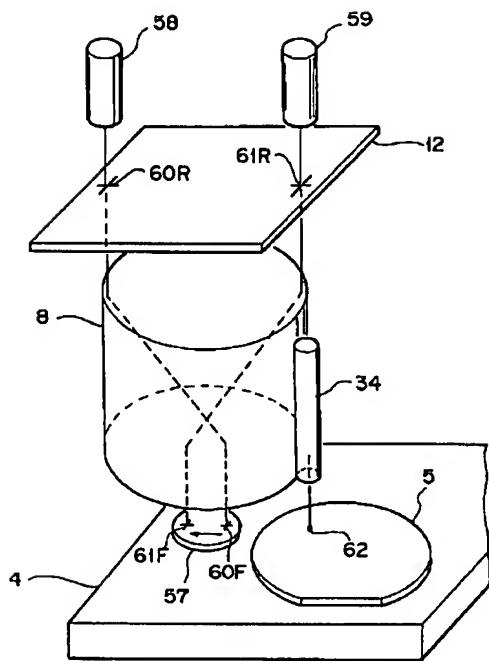
【図6】



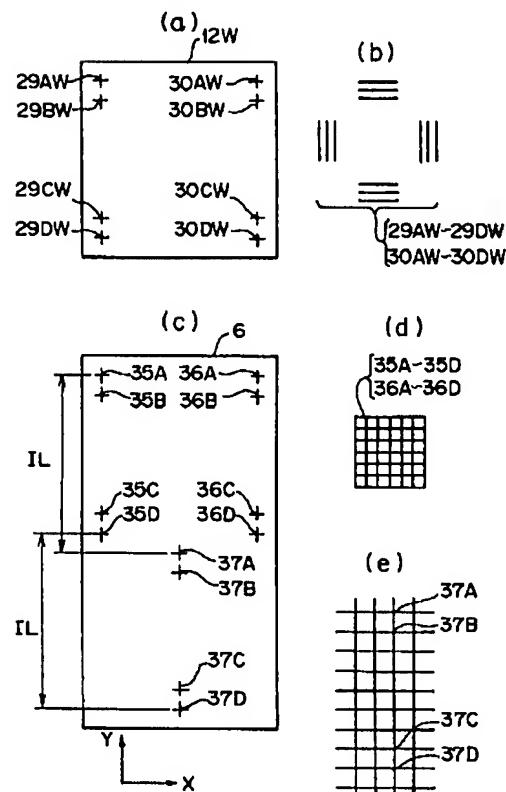
【図7】



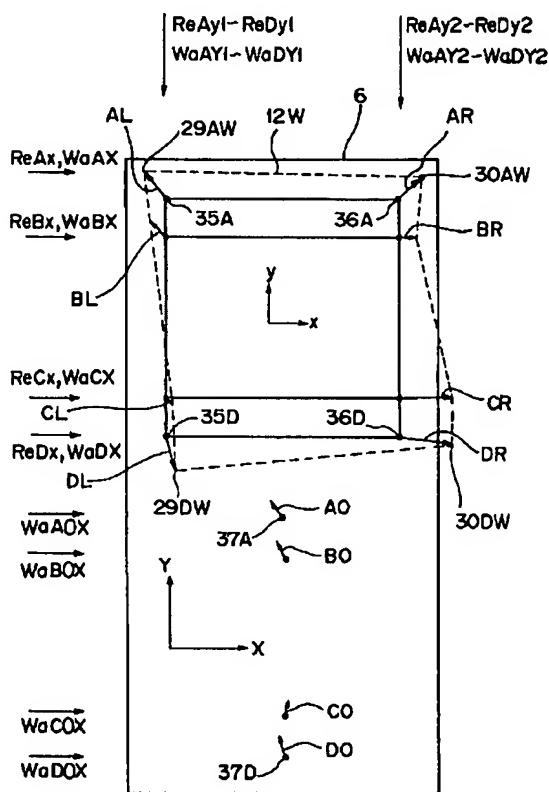
【図18】



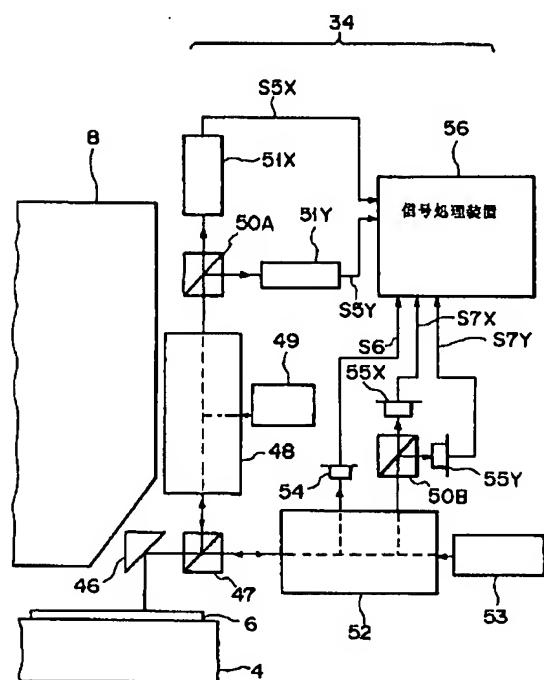
【図8】



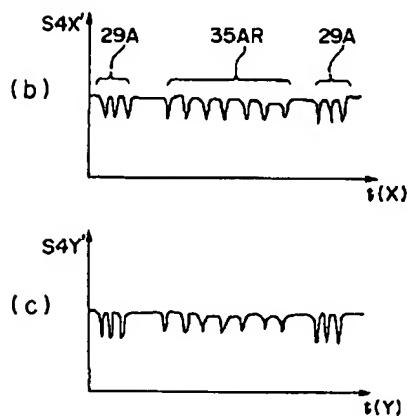
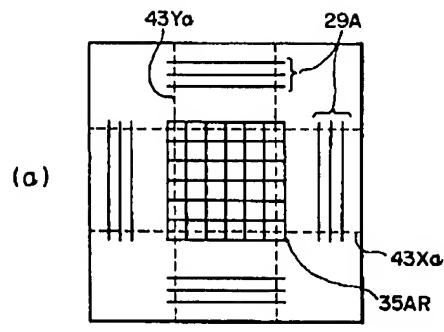
【図10】



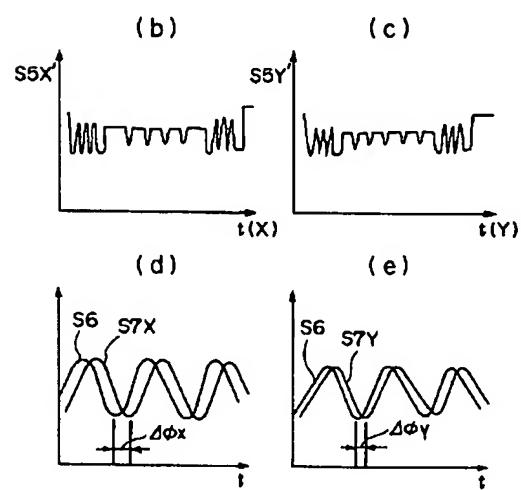
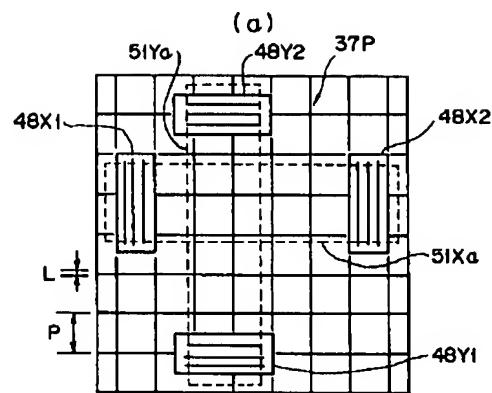
【図13】



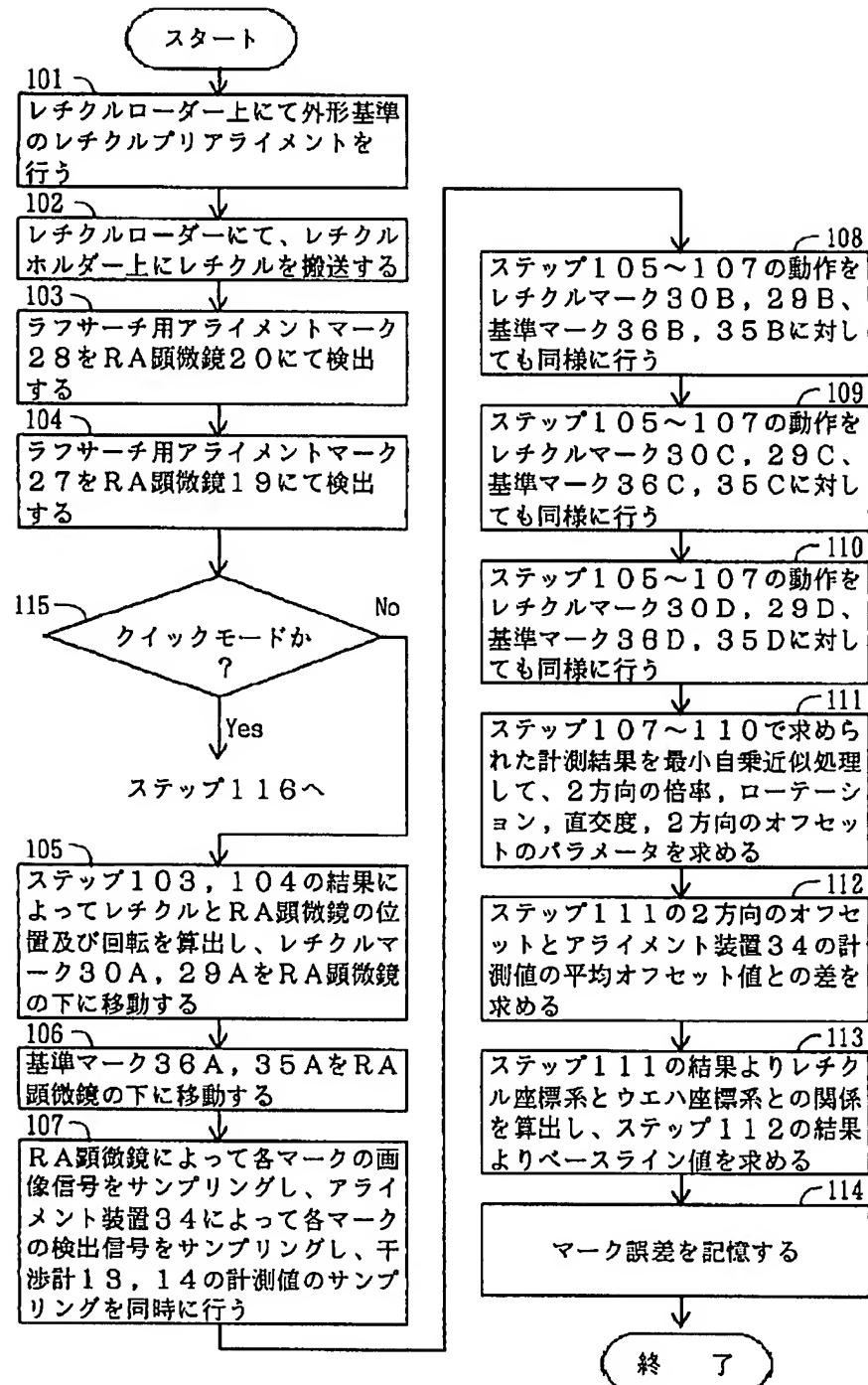
【図12】



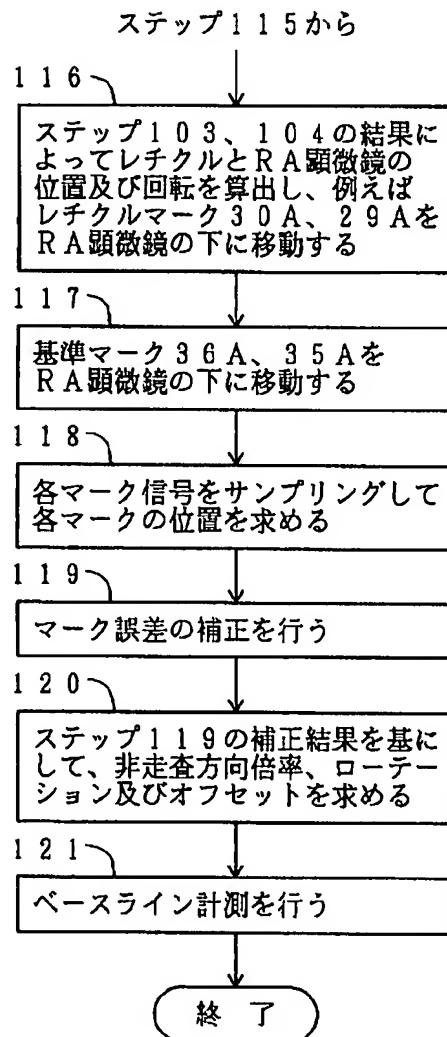
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

(51) Int.CI.<sup>6</sup>  
G 03 F 9/00識別記号 庁内整理番号 F I  
H

技術表示箇所